

SIMULASI DAN ANALISIS QOS PADA JARINGAN MPLS IPV4 DAN IPV6 BERBASIS ROUTING OSPF

Ahmad Kahfi¹, Peby Wahyu Purnawan²

1. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia
E-mail :
ahmad.kahfi242@gmail.com
2. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia
E-mail :
pebywahyupurnawan@budiluhur.ac.id

ABSTRAK

Teknologi Internet Protocol (IP) dengan konsep routing yang diterapkan pada jaringan komputer di Universitas Budi Luhur memiliki beberapa kelemahan dalam pengiriman paket data salah satunya waktu pengiriman paket data. Dimana konsep routing yang diterapkan di Universitas Budi Luhur, pada tiap router yang terhubung satu sama lain harus membaca dan memeriksa alamat tujuan yang sesuai dengan informasi pada tabel routing yang terdapat dalam pengiriman paket data sehingga waktu untuk pengiriman paket data terhambat. Teknologi berbasis Multiprotocol Label Switching (MPLS) menawarkan metode yang dikembangkan dari teknologi IP karena mekanisme pengiriman paket data akan dilakukan secara sederhana dengan memberikan label pada paket data yang akan dikirim sesuai dengan alamat tujuan. Pada tugas akhir ini dilakukan perbandingan kinerja antara jaringan yang ada (existing) di Universitas Budi Luhur, jaringan MPLS pada IPv4 serta kinerja dari IPv6 6PE over MPLS. Selanjutnya akan disimulasikan dan diuji performansinya pada layanan File Transfer Protocol (FTP) berupa pengiriman file serta Real Transport Protocol (RTP) berupa audio dan video secara live dengan pencarian quality of service (QoS) berupa parameter delay, jitter, packet loss, dan throughput. Dalam hasil simulasi serta analisis dengan menggunakan GNS3 (Graphic Network Simulator 3) dan wireshark didapat bahwa berdasarkan standarisasi Tiphon pada pengujian performansi jaringan MPLS IPv4 lebih baik dari jaringan non-MPLS dan IPv6 PE over MPLS ketika melakukan pengiriman paket ICMP, paket FTP dan RTP.

Kata Kunci: MPLS, Jaringan MPLS IPv4, Jaringan non-MPLS, Jaringan IPv6 PE over MPLS, QoS, FTP, RTP, ICMP

ABSTRACT

Internet Protocol (IP) technology with the concept of routing that is applied to the computer network at Budi Luhur University has several disadvantages in the delivery of data packets one of the time delivery of data packets. Where the routing concept is applied at Budi Luhur University, each router connected to each other must read and check the destination address corresponding to the information in the routing table contained in the data packet transmission so that the time for delivery of data packets is inhibited. Multiprotocol Label Switching (MPLS) technology offers a method developed from IP technology because the packet delivery mechanism will be done simply by labeling the data packets to be sent according to the destination address. In this final project, there is a comparison of performance between existing network in Budi Luhur University, MPLS network on IPv4 and performance of IPv6 6PE over MPLS. It will then simulate and test its performance on File Transfer Protocol (FTP) service in the form of sending file and Real Transport Protocol (RTP) in the form of live audio and video with quality of service search (QoS) in the form of delay, jitter, packet loss and throughput parameters. In the simulation and analysis results using GNS3 (Graphic Network Simulator 3) and wireshark it is found that based on Tiphon standardization on MPLS IPv4 network performance testing better than non-MPLS and IPv6 PE over MPLS networks when sending ICMP packets, FTP and RTP packets.

Keywords: MPLS, MPLS IPv4 Network, Non-MPLS Network, IPv6 Network PE over MPLS, QoS, FTP, RTP, ICMP

I. PENDAHULUAN

Teknologi Internet Protocol (IP) dengan konsep routing yang diterapkan pada jaringan komputer di Universitas Budi Luhur memiliki beberapa kelemahan dalam pengiriman paket data salah satunya waktu pengiriman paket data. Dimana konsep routing yang diterapkan di Universitas Budi Luhur, pada tiap router yang terhubung satu sama lain harus membaca dan memeriksa alamat tujuan yang sesuai dengan informasi pada tabel routing yang terdapat dalam pengiriman paket data sehingga waktu untuk pengiriman paket data akan terhambat. Teknologi berbasis Multiprotocol Label Switching (MPLS) menawarkan metode yang dikembangkan untuk memperbaiki kinerja dari teknologi IP dengan konsep routing yang diterapkan karena mekanisme pengiriman paket data akan dilakukan secara sederhana dengan memberikan label pada paket data yang akan dikirim sesuai dengan alamat tujuan. Kemudian router akan melakukan pembacaan label pada tiap paket data yang masuk dan akan sampai pada alamat tujuan. Sehingga pengiriman paket data akan lebih cepat karena tidak harus menyesuaikan paket data yang dikirim dengan tabel routing pada alamat tujuan. Pembacaan paket pada MPLS hanya dilakukan pada saat masuk dan keluar jaringan MPLS. Teknologi MPLS juga dapat diterapkan pada jaringan Internet Protocol version 4 (IPv4) dan Internet Protocol Version 6 (IPv6) pada sisi Provider Edge Router (6PE).

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perbandingan kinerja antara jaringan MPLS yang diterapkan pada jenis routing OSPF dan non MPLS pada IPv4 serta kinerja dari IPv6 6PE over MPLS. Selanjutnya akan disimulasikan dan diuji performansinya pada layanan FTP berupa pengiriman file serta RTP berupa audio dan video secara live. Kemudian jaringan yang dipilih dalam simulasi dan analisa tugas akhir ini adalah jaringan atau topologi yang diterapkan pada jaringan yang ada (existing) secara garis besar di Universitas Budi Luhur.

II. TEORI DASAR

2.1 Internet Protocol version 4 (IPv4)

IPv4 didefinisikan oleh *The Internet Engineering Task Force (IETF)* adalah versi pertama protokol internet yang digunakan pada tahun 1981, menggunakan versi 4 karena telah dilakukan 4 kali revisi pada sistem ini, protokol ini digunakan untuk melakukan komunikasi antar komputer. IPv4 ditetapkan dengan panjang 32 bit, IPv4 memungkinan 2^{32} IP yang berarti sekitar 4,294,967,296 protokol komputer dapat terhubung ke internet. Meskipun alamat IPv4 cukup besar dalam jumlah 32 bit, tetapi alokasi dan penggunaan tidak cukup efisien untuk menahan pertumbuhan lalu lintas internet.

2.2 Internet Protocol version 6 (IPv6)

IPv6 dikembangkan oleh IETF untuk dapat memenuhi kebutuhan IP yang diperlukan. Selain itu IPv6 juga dikembangkan untuk mengatasi atau menyempurnakan kekurangan-kekurangan dari teknologi pendahulunya, yaitu IPv4. Kelebihan utama dari IPv6 adalah pengalamatannya yang luas, yaitu 128-bit. Dengan demikian ada 2^{128} . Nilai ini

setara dengan 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 (sekitar 3.4×10^{38}) alamat IPv6 yang berlimpah tersedia, sehingga dapat memenuhi kebutuhan IP saat ini maupun di masa mendatang.

2.3 Topologi Jaringan Komputer

Topologi jaringan komputer adalah suatu cara atau konsep untuk menghubungkan beberapa atau banyak komputer sekaligus menjadi suatu jaringan yang saling terkoneksi. Dan setiap macam topologi jaringan komputer akan berbeda dari segi kecepatan pengiriman data, biaya pembuatan, serta kemudahan dalam proses *maintenance*.

2.4 Multi Protocol Label Switching (MPLS)

Multiprotocol Label Switching (MPLS) adalah sebuah metode dengan performa tinggi untuk meneruskan paket melewati suatu jaringan. Dimana arsitektur *network MPLS* yang didefinisikan oleh *Internet Engineering Task Force (IETF)* digunakan untuk memadukan mekanisme label *swapping* di *layer 2* dengan *routing* di *layer 3* untuk mempercepat pengiriman paket. MPLS mengizinkan *router* yang berada di *edge network* untuk menyisipkan label yang simple kedalam sebuah paket. Praktek ini mengizinkan perangkat MPLS (*ATM switch* maupun *router* yang ada di tengah *Internet service provider core*) untuk menyisipkan label di setiap paket. Teknologi ATM dan *frame-relay* bersifat *connection-oriented*, yaitu setiap *virtual circuit* harus di-*setup* dengan protokol versi yang digunakan sebelum transmisi. IP bersifat *connectionless*, di mana protokol *routing* menentukan arah pengiriman paket dengan bertukar info *routing*. MPLS mewakili konvergensi kedua pendekatan ini.

2.5 OSPFv2

Open Shortest Path First (OSPF) adalah *routing protocol* kelas *link-state* yang dikembangkan untuk memperbaiki kinerja dari *Routing Information Protocol (RIP)*. OSPF adalah *routing protocol* yang menggunakan konsep area. Kelebihan dari OSPF dibandingkan dengan RIP adalah kecepatan dalam melakukan konvergensi dan lebih luasnya jaringan yang bisa dijangkau.

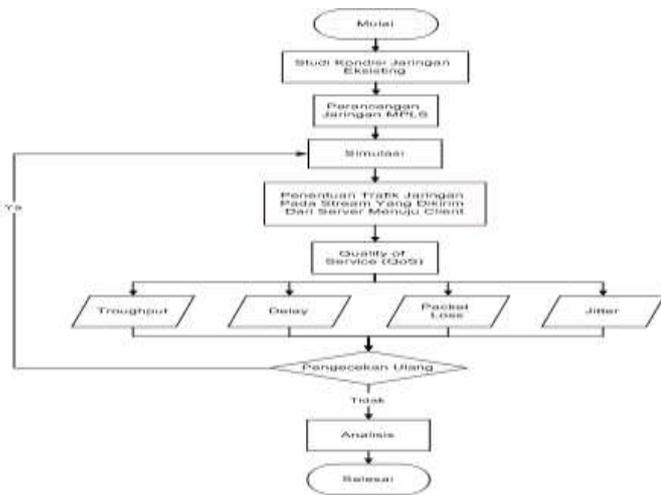
2.6 Quality of Service

Quality of Service adalah kemampuan untuk memberikan prioritas yang berbeda untuk berbagai aplikasi, pengguna, atau aliran data, atau untuk menjamin tingkat kinerja pada aliran data. QoS bertujuan untuk menyediakan kualitas layanan yang berbeda-beda untuk beragam kebutuhan akan layanan di dalam jaringan IP, sebagai contoh untuk menyediakan bandwidth yang khusus, menurunkan hilangnya paket-paket, menurunkan waktu tunda dan variasi waktu tunda di dalam proses transmisinya Parameter-parameter dalam QoS antara lain: *Throughput, delay, jitter, packet loss*.

III. PERANCANGAN SISTEM DAN METODE PENGUJIAN

3.1 Diagram alir metode penelitian

Berikut merupakan diagram alir metode penelitian.



Gambar 3.1 Diagram alir metode penelitian

Gambar 3.1 menunjukkan tahapan dalam perencanaan dan simulasi penelitian. Setelah memulai penelitian, langkah selanjutnya adalah penentuan skenario yaitu merancang jaringan topologi. Topologi yang digunakan pada penelitian ini adalah topologi *star* yang merupakan topologi jaringan yang telah ada (existing) di Universitas Budi Luhur secara garis besar. Kemudian digunakan sebuah topologi *hybrid* yang didesain pada jaringan yang telah ada (existing) di Universitas Budi Luhur secara garis besar. Setelah itu dilanjutkan dengan memulai tahap simulasi mengirimkan paket data berupa *file* dan media *live streaming local area network* dari server menuju *client* melalui beberapa *router* yang sudah dirancang. Setelah tahap simulasi selesai selanjutnya pengambilan paket data yaitu *capture traffic*, *capture* yang dilakukan pada *server*, *client*, dan *interface router* yang terhubung ke *router* lain pada *software wireshark*. Tahap selanjutnya pengujian penentuan trafik jaringan yang dipilih dari masing-masing *routing protocol* dari *server* menuju *client*. Setelah diuji berdasarkan skenario, maka didapat nilai QoS (*Quality of Services*) berupa nilai *delay*, *throughput*, *packet loss*, *jitter*. Pengecekan ulang dilakukan jika terjadi RTO (*Request Time Out*) atau *destination host unreachable* pada saat pengujian.

3.2 Perlengkapan yang digunakan

3.2.1 Hardware

Hardware yang digunakan pada Tugas Akhir ini *Notebook* dengan spesifikasi *Intel Core i3-6006u 2.0GHZ*, RAM 4GB, dengan OS *windows 10 professional* sebagai simulasi topologi dan *server*.

3.2.2 Software

Software yang digunakan adalah:

- a. GNS3 1.3.1.3-all-in-one sebagai media simulasi jaringan

- b. C7200-advipservicesk9-mz.152-4.S5.image IOS *router cisco*
- c. *Wireshark* sebagai *capture* paket jaringan RTP
- d. *Filezilla* sebagai media pengiriman paket FTP
- e. *Video LAN Client* sebagai media *live stream LAN*

3.3 Metode Pengujian

3.3.1 Pengujian pemilihan jalur

Pengujian pada penelitian ini akan dilakukan dengan cara menentukan *trace route* yang akan dilewati paket data dari masing-masing topologi jaringan. Kemudian akan menampilkan *routing table* sebagai penyimpanan informasi rute-rute atau jalur untuk mencapai jaringan yang lain, dan *routing table* juga menyimpan *metric* dari rute-rute yang ada. Untuk melihat *routing table* dari *router* dapat dilakukan dengan mengetikkan perintah "*trace route*" atau "*tracert*" digunakan untuk mengetahui jalur yang akan dilalui paket data. *Tracert* menggunakan protokol ICMP (*Internet Control Messaging Protocol*), protokol ini bekerja dengan mengirimkan ICMP *echo request* ke alamat tujuan. Rute yang dilalui dan ditampilkan adalah daftar *interface router* yang digunakan pada jalur antara *host* dan tujuan. Pada pengujian dilakukan perintah *tracert* dari *server* ke *client*, hal ini dilakukan untuk mengetahui jalur atau *router* mana saja yang dilalui oleh paket untuk menuju *client*.

3.3.2 Pengujian routing update

Pengujian *routing update* ini dilihat dari *router* yang dilewati oleh paket data dari *server* menuju *client* di GNS3. Untuk melihat jalur yang dilewati menggunakan *command tracert*. *Routing update* akan terlihat ketika salah satu *router* yang menjadi jalur aktif diputus, yaitu perubahan *table* yang dilewati. Dengan *router* yang diputus adalah *router R1 interface fastethernet 1/0* untuk jaringan non-MPLS, IPv4 MPLS dan IPv6 PE over MPLS, karena semua *routing protocol* memilih jalur yang sama sebagai jalur aktif *capture* pada paket data, bertujuan untuk mengetahui paket header dari proses *update routing table* pada *routing protocol*, dan kecepatan dalam melakukan *update table* untuk mencapai konvergen.

3.3.3 Pengujian paket ICMP

Pengujian ini dilakukan pengiriman *Internet Control Message Protocol (ICMP)* pada jaringan Non-MPLS dan MPLS IPv4 serta pada jaringan IPv6 PE over MPLS adalah protokol jaringan yang berfungsi untuk memberikan pesan-pesan ke dalam sebuah jaringan, mulai dari pesan *error*, pesan diterima, dan *connection lost*. Pengambilan data ICMP berupa parameter *delay* dan *jitter* saja.

3.3.4 Pengujian paket FTP

FTP merupakan mekanisme standar untuk keperluan penyalinan *file* dari satu *server* ke *client*. Pengujian FTP menggunakan aplikasi *Filezilla* dimana *server* akan menggunakan aplikasi *filezilla server* dan *filezilla client* untuk *client*. Pengujian pada paket FTP akan dilakukan dengan pengiriman *file* yang dikirim (*upload*) dari *server* menuju *client* atau di *download* dari *server* oleh

client dengan ukuran yang berbeda yaitu 1,03 MB, 5,62 MB, 15 MB, dan 29,5 MB. Kemudian untuk dapat menganalisis pengiriman paket data FTP maka akan diambil data dari *software network analyzer wireshark*, guna mendapatkan hasil parameter *QoS* pada pengiriman *file* berlangsung di dalam jaringan Non-MPLS dan MPLS IPv4 serta pada jaringan IPv6 PE over MPLS. Parameter *QoS* yang akan diamati dan diambil pada FTP adalah *delay*, *jitter*, dan *throughput*.

3.3.5 Pengujian paket RTP

Pada pengujian ini akan digunakan pengiriman paket data RTP berupa audio dan video yang dikirim dari server menuju client. Pengujian pada RTP menggunakan *software VLC* pada server dan client. Penelitian dilakukan dengan memulai *video* yang akan diputar oleh server kemudian client akan membuka *video* yang telah dimulai pada server (*stream*). Kemudian akan dilakukan pengamatan data dari hasil *capture network analyzer wireshark*, pada masing-masing jaringan Non-MPLS, MPLS IPv4, dan IPv6 PE over MPLS. Kemudian didapat hasil rata-rata *delay*, *packet loss*, *throughput* dan *jitter*. Dari pengukuran berdasarkan analisis data dari *software network analyzer wireshark* didapatkan statistik sebagai acuan dalam melakukan analisa.

4. HASIL SIMULASI DAN ANALISA

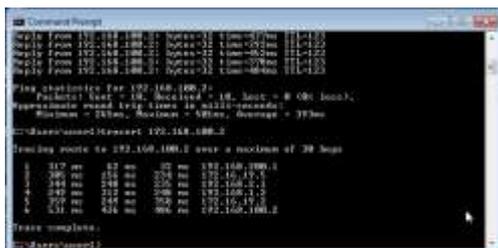
Pada bab ini menguraikan hasil dan kinerja sistem serta analisa dengan menggunakan parameter *QoS* diantaranya *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*.

4.1. Pengujian pemilihan jalur

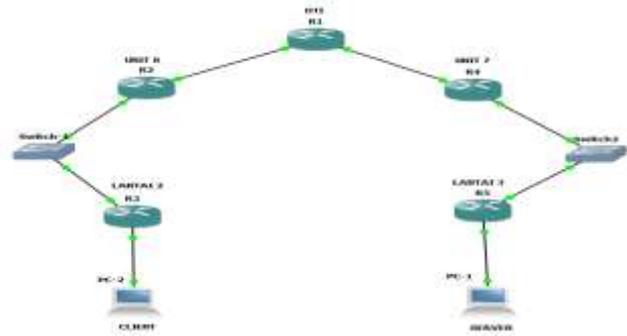
Setelah semua *router*, *server* dan *client* dikonfigurasi. Topologi jaringan sudah terhubung secara baik untuk jaringan non-MPLS, MPLS dan IPv6 PE over MPLS. Berikut adalah hasil pengujian dari beberapa jaringan yang diuji dalam pemilihan jalur dari server ke client.

4.1.1 Jaringan Non-MPLS

Jaringan Non-MPLS merupakan jaringan yang telah ada (existing) di Universitas Budi Luhur secara garis besar dimana jaringan tersebut menggunakan *protokol routing OSPFv2*. Kemudian untuk menguji jalur yang dipilih *routing table* dilakukan dengan *trace route* pada server menuju client pada jaringan non MPLS dan MPLS dengan perintah "*tracert*" 192.168.100.2. Dengan perintah *trace route* dapat diketahui *interface-interface* dan *router* yang dilalui paket untuk mencapai tujuan. Pada Gambar 4.1 adalah hasil perintah *tracert* dari server ke client.



Gambar 4.1 Hasil trace route server-client pada jaringan non-MPLS

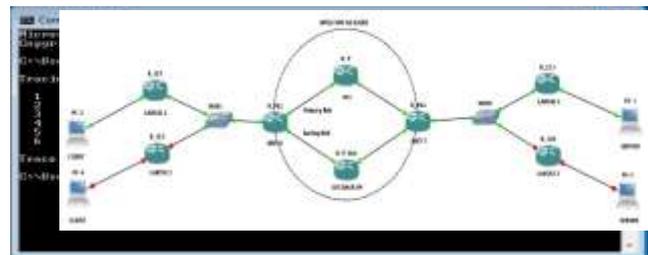


Gambar 4.2 Pemilihan Jalur Jaringan Non-MPLS

4.1.2 Jaringan MPLS

Jaringan MPLS merupakan jaringan yang didesain dan dikembangkan dari jaringan yang telah ada (yang telah ada (existing)) di Universitas Budi Luhur secara garis besar. Kemudian untuk menguji jalur yang dipilih *routing table* dilakukan dengan *trace route* pada server menuju client pada jaringan MPLS dengan perintah "*tracert* 192.168.100.2. Dengan perintah *trace route* dapat diketahui *interface-interface* dan *router* yang dilalui paket untuk mencapai tujuan. Pada Gambar 4.3 adalah hasil perintah *tracert* dari server ke client.

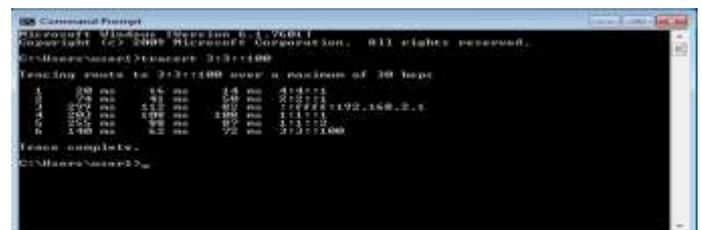
Gambar 4.3 Hasil trace route server-client pada jaringan MPLS



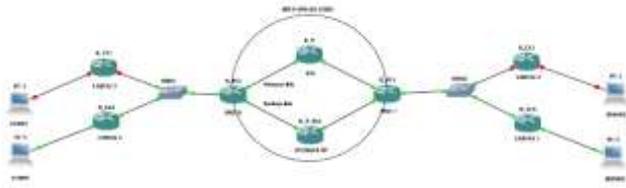
Gambar 4.4 Pemilihan Jalur Jaringan MPLS

4.1.3 Jaringan IPv6 PE over MPLS

Jaringan IPv6 PE over MPLS tidak ada perbedaan dalam jaringan yang didesain antara MPLS murni IPv4 dengan MPLS untuk IPv6. Perbedaannya pada *router 6PE* memiliki kemampuan *dual stack* yaitu kemampuan mengakomodir baik IPv4 dan IPv6. Kemudian untuk menguji jalur yang dipilih *routing table* dilakukan dengan *trace route* pada server menuju client pada jaringan non-MPLS dan MPLS dengan perintah "*tracert 3::100*". Dengan perintah *trace route* dapat diketahui *interface-interface* dan *router* yang dilalui paket untuk mencapai tujuan. Pada Gambar 4.5 adalah hasil perintah *tracert* dari server ke client.



Gambar 4.5 Hasil trace route server-client pada jaringan IPv6 PE over MPLS



Gambar 4.6 Pemilihan Jalur Jaringan IPv6 PE over MPLS

4.1.4 Pengujian paket ICMP

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman ICMP (*Internet Control Message Protocol*) pada jaringan Non-MPLS dan MPLS IPv4 serta pada jaringan IPv6 PE over MPLS adalah protokol jaringan yang berfungsi untuk memberikan pesan-pesan ke dalam sebuah jaringan, mulai dari pesan *error*, pesan diterima, dan *connection lost*. Pengambilan data ICMP berupa parameter *delay* dan *jitter* saja. Paket ICMP tidak ada *packet loss* karna pengujian dilakukan dengan 10 buat paket yang dikirim dan paket tersebut terkirim semua tanpa adanya paket yang hilang. Tidak adanya *packet loss* pada paket ICMP membuktikan bahwa konfigurasi perangkat *router* dan *host* pada topologi yang dirancang sudah saling terhubung satu sama lain. Lalu diamati *delay* dan *jitter* paket tersebut. Dari pengukuran berdasarkan analisis data dari *software network analyzer wireshark* didapatkan statistik pada tabel berikut.

- Pengujian *delay* paket ICMP

Tabel 4.1 Hasil pengujian delay paket ICMP

No paket	Milisecond (ms)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1	233,00	6,56	2,75
2	124,60	1,33	1,26
3	108,85	8,36	1,73
4	109,33	1,37	11,23
5	85,08	0,64	1,69
6	58,74	6,04	13,99
7	41,75	0,95	2,86
8	39,22	1,21	7,29
9	203,49	0,75	2,41
10	32,98	0,76	1,86
Jumlah	1.037,04	27,97	47,07
Rata-rata	103,70	2,8	4,7

- Pengujian *jitter* paket ICMP

Tabel 4.2 Hasil pengujian jitter paket ICMP

No	Variasi delay (Milisecond)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1	108,397	5,231	1,488
2	15,748	7,025	0,465
3	0,478	6,984	9,5

4	24,249	0,729	9,534
5	26,342	5,392	12,295
6	16,99	5,088	11,127
7	2,533	0,266	4,435
8	164,269	0,467	4,881
9	170,506	0,017	0,55
Jumlah	529,512	31,199	54,275
Rata-Rata	52,95	3,12	5,43

4.2 Pengujian performa dengan pengiriman paket FTP

Pada pengujian ini dilakukan pengiriman data menggunakan FTP Penelitian dilakukan dengan 5 kali pengujian pada masing-masing ukuran file yang berbeda yaitu 1,03 MB, 5,62 MB, 15 MB, dan 29,5 MB. Untuk kemudian didapatkan rata-rata dari hasil pengujian.

4.2.1 Pengukuran *delay* paket FTP

Dari pengukuran berdasarkan analisis data dari *wireshark* rata-rata *delay* paket FTP didapatkan statistik pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil delay paket FTP

Ukuran File	Milisecond (ms)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1,03 MB	51,33	43,76	234,4
5,62 MB	26,17	23,21	34,78
15 MB	57,36	36,59	39,06
29,5 MB	49,87	31,26	29,12

4.2.2 Pengujian *jitter* paket FTP

Dari pengukuran berdasarkan analisis dari *network analyzer wireshark* didapatkan statistik pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil jitter paket FTP

Ukuran File	Milisecond (ms)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1,03 MB	113,17	94,80	443,03
5,62 MB	54,09	51,41	74,94
15 MB	119,6	80,8	312,74
29,5 MB	110,88	54,71	60,96

4.2.3 Pengujian *throughput* paket FTP

Dari data hasil pengujian pada masing-masing jaringan didapatkan analisis data yang ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil throughput paket FTP

Ukuran File	Mbit/sec		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1,03 MB	0,654	1,545	0,181
5,62 MB	0,761	1,573	0,189
15 MB	1,031	2,860	0,199
29,5 MB	1,533	2,981	0,209

4.3 Pengujian performa dengan pengiriman paket RTP (Audio Video Stream)

4.3.1 Pengukuran *delay* paket RTP

Dari pengukuran berdasarkan analisis data dari *wireshark* rata-rata *delay* paket RTP didapatkan statistik pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil delay paket RTP

No paket	Milisecond (ms)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1	0,00	0,00	0,00

2	875,35	0,032	1.816,94
3	20,924	0,014	0,031
4	0,041	0,007	0,019
5	0,007	0,006	9,016
6	0,006	0,013	0,024
7	0,1	0,006	0,019
8	0,006	0,006	11,458
9	22,325	0,009	31,085
10	0,041	0,006	352,657
Jumlah	918,71	0,099	2221,2
Rata-rata	91,871	0,0099	222,12

4.3.2 Pengujian jitter paket RTP

Dari pengukuran berdasarkan analisis dari *network analyzer wireshark* didapatkan statistik pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil jitter paket RTP

No paket	Milisecond (ms)		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1	875,35	0,032	1.816,94
2	854,43	0,018	1.816,94
3	20,883	0,007	0,012
4	0,034	0,001	0,003
5	0,001	0,007	0,008
6	0,004	0,007	0,005
7	0,004	0	11,439
8	22,31	0,003	19,627
9	22,28	0,003	321,572
Jumlah	1.795,31	0,078	3986,53
Rata-rata	199,48	0,008	398,653

4.3.3 Pengujian packet loss paket RTP

Dari pengukuran berdasarkan analisis data didapatkan statistik pada Tabel berikut.

Tabel 4.8 Hasil packet loss paket RTP jaringan Non-MPLS

No. pengujian	Expected	RTP packets	Lost	%
1	17369	9923	7446	42,87
2	17321	9794	7527	43,46
3	17326	9416	7910	45,65
4	17366	9293	8073	46,49
5	15714	8909	6805	43,31

Tabel 4.9 Hasil packet loss paket RTP jaringan MPLS IPv4

No. pengujian	Expected	RTP packets	Lost	%
1	17367	12832	4535	26,11
2	17366	12655	4711	27,13
3	14378	9833	4545	31,61
4	17329	11941	5388	31,09
5	17327	11584	5743	33,14

Tabel 4.10 Hasil packet loss paket jaringan IPv6 PE over MPLS

No. pengujian	Expected	RTP packets	Lost	%
1	17328	9170	8158	47,08
2	17366	8664	8702	50,11
3	17331	7819	9512	54,88
4	16889	8397	8492	50,28
5	14744	8378	6366	43,18

4.3.4 Pengujian throughput paket RTP

Dari data hasil pengujian pada masing-masing *routing protocol* didapatkan analisis data yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil throughput paket RTP

Pengujian	Mbit/sec		
	Non-MPLS	MPLS IPv4	IPv6 PE over MPLS
1	0,076	0,083	0,209
2	0,078	0,085	0,201
3	0,076	0,081	0,184
4	0,071	0,08	0,203

5	0,068	0,08	0,21
Jumlah	0,369	0,409	1,007
Rata-rata	0,0738	0,0818	0,2014

4.4 Analisa Data

4.4.5 Analisa Keseluruhan

Setelah melakukan analisa dari hasil perbandingan pengujian pada jaringan MPLS IPv4, jaringan non-MPLS, dan jaringan IPv6 PE over MPLS untuk masing-masing pengiriman paket yang dilakukan. Maka hasil tersebut dapat dinyatakan dalam tabel standarisasi QoS versi *Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON)*, berikut adalah tabel standarisasi untuk masing-masing pengujian pengiriman paket yang dilakukan :

Tabel 4.12 Hasil standarisasi QoS paket ICMP

Nama Jaringan	Delay	Jitter	Packet Lost	Jumlah	Rata-Rata	Kategori Degradasi
Non-MPLS	4	3	4	11	3,6	Bagus
MPLS IPv4	4	3	4	11	3,6	Bagus
IPv6 PE over MPLS	4	3	4	11	3,6	Bagus

Tabel 4.13 Hasil standarisasi QoS paket FTP

Nama Jaringan	Delay	Jitter	Packet Lost	Jumlah	Rata-Rata	Kategori Degradasi
Non-MPLS	4	2,25	4	10,25	3,4	Bagus
MPLS IPv4	4	2,5	4	10,5	3,5	Bagus
IPv6 PE over MPLS	4	2	4	10	3,3	Bagus

Tabel 4.14 Hasil standarisasi QoS paket RTP

Nama Jaringan	Delay	Jitter	Packet Lost	Jumlah	Rata-Rata	Kategori Degradasi
Non-MPLS	4	1	1	6	2	Sedang
MPLS IPv4	4	4	1	9	3	Bagus
IPv6 PE over MPLS	3	1	1	5	1,6	Jelek

Dapat dilihat bahwa pada ketiga tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata hasil standarisasi QoS pengujian pengiriman paket ICMP, FTP, dan RTP untuk jaringan MPLS IPv4 memiliki hasil yang lebih baik dengan kategori baik atau bagus dibandingkan dengan jaringan non-MPLS dengan kategori sedang dan buruk atau jelek untuk jaringan IPv6 PE over MPLS.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian simulasi dan analisis yang sudah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Topologi pada jaringan non-MPLS (eksisting) menggunakan topologi star, ketika terjadi pemutusan jalur aktif maka pengiriman paket data yang dikirim dari *server* menuju *client* tidak memiliki jalur alternatif lain. Sehingga menyebabkan komunikasi terputus atau tidak terjadi.

2. Hasil simulasi dalam pengujian pengiriman paket ICMP sesuai standarisasi Tiphon didapatkan jaringan MPLS IPv4 memiliki nilai yang lebih baik dengan nilai rata-rata *delay* 2,8 ms dan *jitter* sebesar 3,12 ms dibandingkan dengan jaringan non-MPLS (eksisting) dengan nilai rata-rata *delay* 103,07 ms dan *jitter* sebesar 52,95 ms dan jaringan IPv6 PE over MPLS dengan nilai rata-rata *delay* 4,7 ms dan *jitter* sebesar 5,43 ms.
3. Hasil simulasi dalam pengujian pengiriman paket FTP sesuai standarisasi Tiphon didapatkan jaringan MPLS IPv4 memiliki nilai yang lebih baik sebesar 3,5 dibandingkan dengan jaringan non-MPLS (eksisting) sebesar 3,4 dan jaringan IPv6 PE over MPLS sebesar 3,3.
4. Hasil simulasi dalam pengujian pengiriman paket RTP sesuai standarisasi Tiphon didapatkan jaringan MPLS IPv4 memiliki nilai yang lebih baik sebesar 3 dibandingkan dengan jaringan non-MPLS (eksisting) sebesar 2 dan jaringan IPv6 PE over MPLS sebesar 1,6.
5. Berdasarkan kesimpulan point nomor 1 sampai dengan point nomor 4. Dapat disimpulkan performansi pada jaringan MPLS IPv4 dengan pengujian paket ICMP, *File Transfer Protocol* dan *Real-time Transport Protocol* yang sudah dilakukan memiliki nilai QoS yang lebih baik dari

jaringan non-MPLS (eksisting) dan jaringan IPv6 PE over MPLS.

REFERENSI

- [1] Handayani, Kristanti, Novi, "Simulasi Jaringan Multiprotocol Label Switching (MPLS) Menggunakan Graphical Network Simulator (GNS3)" Jurnal Tugas Akhir, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang 2014.
- [2] Heriyanto, Fikri "Perbandingan Internet Protocol Versi 4 dan Versi 6", Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu komputer, Universitas Sriwijaya, Palembang 2013.
- [3] Rahmadita, Ayu, Dwi, "Analisa Aplikasi VoIP Pada Jaringan Berbasis MPLS" Jurnal Tugas Akhir, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2014.
- [4] Rahmawati, Dwi, Imas, "Analisa QoS Pada Jaringan MPLS IPv6 Berbasis Routing OSPF" Jurnal Tugas Akhir, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2014.
- [5] Hasan, Pauzi, "Simulasi dan Kajian Perbandingan Routing Protocol RIPng, OSPFv3 dan EIGRPv6 Pada Jaringan IPv6", Jurnal Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Budi Luhur, Jakarta, 2017.
- [6] Saputro, Joko, "Praktikum CCNA Di Komputer Sendiri Menggunakan GNS3", Mediakita, Jakarta, 2010.
- [7] Musajid, Akrom, "Jaringan Virtual Mikrotik, Cisco & Juniper Dengan GNS3", Jasakom, Semarang, 2015.