

SIMULASI PERANCANGAN JARINGAN MPLS BERBASIS IPV6 MENGUNAKAN GNS3

Umami Tri Ambarwati, Ade Nurhayati

Teknik Telekomunikasi, Akademi Telkom Jakarta

¹ummitriambarwati16@gmail.com, ²adenurhayati@akademitelkom.ac.id

Jalan Daan Mogot KM.11, RT.1/RW.4, Kedaung Kali Angke, Cengkareng, Kota Jakarta Barat, Daerah Khusus
Ibukota Jakarta 11710, Indonesia

Abstrak – Jaringan MPLS merupakan jaringan yang akan menambahkan label pada setiap paket yang akan dikirimkan, dengan pelabelan ini maka data yang akan dikirimkan akan menjadi lebih cepat sampai pada tujuan. IPv6 merupakan solusi untuk menyediakan pengalamatan IP dalam jumlah yang sangat besar yang memungkinkan perangkat dalam jumlah yang besar pula untuk terhubung langsung ke internet. Pada Penelitian ini penulis melakukan perbandingan kinerja antara jaringan MPLS dengan IPv6 dan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6. Selanjutnya akan disimulasikan dan diuji performansinya pada layanan *File Transfer Protocol* (FTP) dengan pencarian *Quality of Service* (QoS) berupa parameter *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Dalam hasil simulasi serta analisis dengan menggunakan GNS3 (*Graphic Network Simulator 3*) dan *WireShark* didapat bahwa jaringan MPLS dengan IPv6 memperoleh nilai QoS lebih baik. Hal ini terlihat dari hasil rata-rata *delay* 21,6 ms dan *throughput* 97,2% dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON sedangkan untuk jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 memperoleh rata-rata *delay* 22 ms dan *throughput* 97% masih dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON. Dan selama pengiriman data berlangsung *packet loss* sebesar 0% dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON.

Kata kunci – MPLS, IPv6, FTP, GNS3, QoS.

Abstract — MPLS network is a network that will add labels to every packet that will be sent, with this labeling, the data to be sent will be faster to the destination. IPv6 is a solution to provide IP addresses in very large numbers which allows devices in large numbers to connect directly to the internet. In this Final Project, the author makes a comparison between MPLS IPv6 networks and networks without MPLS with IPv6. Then the performance will be simulated and tested on File Transfer Protocol (FTP) services by searching Quality of Service (QoS) in the form of parameters of delay, throughput, and packet loss. In the results of simulations and analyzes using GNS3 (Graphic Network Simulator 3) and WireShark it was found that MPLS networks with IPv6 obtain better QoS values. This can be seen from the average delay of 21.6 ms and throughput of 97.2% can be categorized very well according to TIPHON standards while for networks without MPLS with IPv6, the average delay is 22 ms and throughput is 97% still categorized very good according to TIPHON standards. And during data transmission packet loss of 0% can be categorized very well according to the TIPHON standard.

Keywords - MPLS, IPv6, FTP, GNS3, QoS.

I. PENDAHULUAN

Kecepatan transfer data menjadi masalah yang sering dialami dalam jaringan komputer, sehingga diperlukan proses yang cepat untuk mengatasi pengiriman dan pengambilan data tersebut dengan mengutamakan efisiensi waktu. Dengan demikian, dibuatlah sebuah jaringan komputer dengan memanfaatkan teknologi berbasis MPLS (*Multiprotocol Label Switching*). Jaringan MPLS merupakan suatu teknologi jaringan berkecepatan

tinggi dimana teknologi ini akan menambahkan label pada setiap paket yang akan dikirimkan dengan pelabelan ini maka data yang akan dikirimkan akan menjadi lebih cepat sampai pada tujuan. Hal ini dikarenakan router hanya akan menganalisa label yang diberikan pada tiap paket. *Internet Protocol version 6* (IPv6) adalah protokol generasi terbaru dengan ruang alamat yang besar yaitu 128 bit dan solusi untuk menyediakan pengalamatan IP dalam jumlah yang sangat besar yang memungkinkan

perangkat dalam jumlah yang besar pula untuk terhubung langsung ke internet. Penelitian yang mengangkat permasalahan tentang MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) sudah banyak dilakukan. Salah satunya adalah **Simulasi Jaringan Multiprotocol Label Switching (MPLS) Menggunakan Graphical Network Simulator (GNS3)** yang ditulis oleh Novi Kristanti Handayani, Adian Fatchur Rochim, R. Rizal Isnanto (2014).

Pada penelitian tersebut penulis membuat desain pengembangan jaringan yang sudah ada di Universitas Diponegoro menggunakan teknologi *Multiprotocol Label Switching* (MPLS) dan simulasi menggunakan *Graphical Network Simulator* (GNS3) untuk meningkatkan kinerja jaringan. Langkah-langkah dalam penelitian tersebut adalah analisis kebutuhan sistem, desain, simulasi dan pengujian manufaktur. Hasilnya adalah pemodelan MPLS menggunakan GNS3. Analisis hasil penelitian dilakukan dengan membandingkan keterlambatan waktu antara simulasi jaringan yang ada dengan desain jaringan MPLS baru yang memberikan bukti bahwa kinerja peningkatan jaringan terlihat dari penurunan waktu tunda. Pengujian pada hasil penelitian menggunakan tiga metode: ping, traceroute, dan Wireshark.

Dalam penelitian ini penulis melakukan perbedaan penelitian yang sudah ada, dengan merancang simulasi jaringan MPLS yang berbasis IPv6 menggunakan GNS3 berserta analisis terhadap parameter QoS dari hasil simulasi dengan melakukan pengujian performansi menggunakan FTP (*File Transfer Protocol*). Dianalisis dengan mengamati QoS yaitu nilai *throughput*, *delay*, dan *packet loss* dengan Wireshark.

Berdasarkan latar belakang dari permasalahan diatas, maka penulis membuat Penelitian ini dengan judul *Simulasi Perancangan Jaringan MPLS berbasis IPv6 menggunakan GNS3*.

II. LANDASAN TEORI

A. Multi Protocol Label Switching (MPLS)

MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) merupakan sebuah teknologi transmisi paket data pada jalur *backbone* berkecepatan tinggi. Pada umumnya, MPLS banyak digunakan saat membangun suatu jaringan yang sifatnya tertutup yang menghubungkan kantor pusat di suatu kota dengan kantor – kantor cabangnya yang berada di kota – kota lain melalui sebuah *link* yang berkecepatan tinggi. MPLS banyak digunakan di dunia perbankan seperti pembangunan jaringan koneksi antara kantor pusat dengan mesin – mesin Anjungan Tunai Mandiri (ATM) di berbagai kota dan tempat, dan juga bisa digunakan untuk *video conference* di berbagai perusahaan atau kantor – kantor pemerintahan serta berbagai aplikasi komunikasi yang bersifat tertutup lainnya.

1. Komponen – Komponen MPLS

- a. *Label Switching Path* (LSP)

Merupakan suatu jalur atau *link* yang melalui serangkaian router yang berfungsi sebagai LSR.
- b. *Label Switching Router* (LSR)

Merupakan sebuah router pada jaringan MPLS yang berfungsi menentukan rute atau jalan yang akan digunakan sebagai LSP.
- c. *Label*

Merupakan sebuah deretan informasi bit yang ditambahkan ke dalam *header* suatu paket data yang digunakan dalam proses pertukaran paket data pada jaringan MPLS.
- d. *Label Distribution Protocol* (LDP)

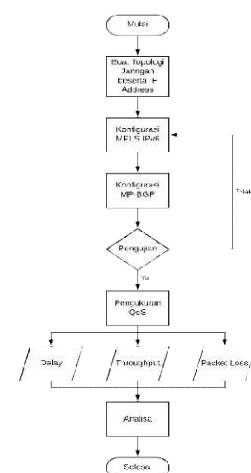
Merupakan sebuah protokol yang berfungsi untuk mendistribusikan setiap informasi yang berada pada *label* ke setiap router yang berfungsi sebagai LSR pada jaringan MPLS.

B. Internet Protocol version 6 (IPv6)

Internet Protocol version 6 (IPv6) adalah revisi terakhir dari Internet Protocol (IP), protokol komunikasi yang memberikan identifikasi dan lokasi sistem untuk komputer di jaringan dan menyalurkan *traffic* melalui internet. IPv6 dikembangkan oleh *Internet Engineering Task Force* (IETF) untuk mengatasi IPv4 address yang akan habis. IPv6 dibuat untuk mengganti IPv4 yang masih digunakan oleh sebagian besar *traffic* di Internet sampai 2015. Untuk pertama kalinya, pada bulan September 2013, persentase pengguna yang mencapai Google melalui IPv6 melebihi 2%. Semua peralatan di Internet harus memperoleh alokasi IP address agar dapat berkomunikasi dengan alat lainnya. Dengan banyaknya alat baru yang tersambung ke Internet, kebutuhan ini naik dengan drastis di atas keberadaan IPv4 address yang ada. IPv6 menggunakan 128 bit, memungkinkan 2^{128} , atau 3.4×10^{38} address, atau lebih dari 7.9×10^{28} kali IPv4, yang hanya menggunakan address 32 bit. IPv4 hanya memungkinkan 4.3 miliar address. Karena kedua protokol ini tidak dirancang untuk saling interoperasi, hal itu mengakibatkan kesulitan proses transisi IPv6.

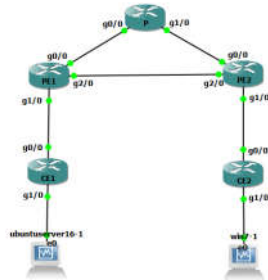
III. METODOLOGI

A. Diagram Alur Penelitian



B. Perancangan Simulasi

Perancangan jaringan MPLS dengan IPv6 ini menggunakan 5 Cisco router yang masing-masing ada yang menjadi P (*Provider*), PE (*Provider Edge*) dan CE (*Customer Edge*). *Server* disimulasikan dengan Ubuntu Server dan *Client* disimulasikan dengan OS Windows 7 menggunakan Oracle VM VirtualBox. Penulis menggunakan IOS *image* versi c7200-advipservicesk9-mz.152-4.S5 dan Ubuntu Server serta OS Windows 7 karena sesuai dengan spesifikasi dari *hardware* yang dimiliki.



Penulis akan membangun topologi jaringan MPLS dengan dual-stack dimana mekanisme pengerjaan menggunakan 2 *Internet Protocol Address* (IP Address) yaitu IPv4 dan IPv6. Sesuai gambar diatas terdapat 3 router yang akan tergabung dalam jaringan MPLS yaitu router P, PE1, dan PE2. Router P (*Provider*) adalah router MPLS yang berada ditengah-tengah jaringan MPLS yang akan melakukan pergantian label (*swap*). Dan Router PE1 dan PE2 (*Provider Edge*) adalah router MPLS yang menghubungkan antara jaringan non-MPLS dengan jaringan MPLS, router ini yang akan melakukan peletakan label (*insert*) untuk *ingress* dan penghapusan label (*pop*) untuk *egress*. Sedangkan router CE1 dan CE2 (*Customer Edge*) adalah router non-MPLS yang ingin terhubung dengan jaringan MPLS.

C. Skenario Pengujian

1. Skenario Pengujian Jaringan MPLS dengan IPv6

Skenario pengujian akan dilakukan seperti topologi pada gambar diatas, dimana pada gambar tersebut penulis menggunakan 3 router (P, PE1, PE2) sebagai jaringan MPLS dengan IPv6 serta 2 router (CE1 dan CE2) untuk penghubung dengan end user. Penulis juga menambahkan 2 PC sebagai end user untuk pengiriman paket dengan FTP (*File Transfer Protocol*). 2 PC tersebut di install dalam software virtualbox. 1 PC dengan Ubuntu Server dan 1 PC dengan Os Windows7. Pengujian FTP (*File Transfer Protocol*) akan dilakukan sebanyak 5 kali

dengan ukuran file 10MB menggunakan aplikasi WinSCP (*Windows Secure Copy*) yang akan di install pada virtualbox. Setelah itu penulis menguji parameter QoS yaitu *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dengan nilai standar berdasarkan TIPHON.

2. Skenario Pengujian Jaringan tanpa MPLS dengan IPv6

Skenario pengujian akan dilakukan seperti topologi pada gambar diatas, dimana pada gambar tersebut penulis menggunakan 5 router (P, PE1, PE2, CE1, CE2) sebagai jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 serta router CE1 dan CE2 untuk penghubung dengan end user. Penulis juga menambahkan 2 PC sebagai end user untuk pengiriman paket dengan FTP (*File Transfer Protocol*). 2 PC tersebut di install dalam software virtualbox. 1 PC dengan Ubuntu Server dan 1 PC dengan Os Windows7. Pengujian FTP (*File Transfer Protocol*) akan dilakukan sebanyak 5 kali dengan ukuran file 10MB menggunakan aplikasi WinSCP (*Windows Secure Copy*) yang akan di install pada virtualbox. Setelah itu penulis menguji parameter QoS yaitu *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dengan nilai standar berdasarkan TIPHON.

IV. HASIL DAN ANALISA SIMULASI

Pada bab ini penulis akan melakukan pengujian untuk memastikan simulasi yang telah dibuat berjalan dengan semestinya dan setiap perangkat dapat saling terhubung. Setelah dilakukan pengujian konektivitas dari masing-masing perangkat hasil yang didapat adalah setiap perangkat telah terkoneksi satu sama lain.

Skenario pengujian yang penulis lakukan adalah melakukan pengiriman data menggunakan FTP (*File Transfer Protocol*) di topologi jaringan MPLS dengan IPv6 dan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6. Pengujian FTP (*File Transfer Protocol*) akan dilakukan sebanyak 5 kali dengan ukuran file 10MB menggunakan aplikasi WinSCP (*Windows Secure Copy*) yang akan di install pada virtualbox Os Windows 7. Setelah itu penulis menguji QoS jaringan dari hasil pengiriman data dengan FTP di topologi jaringan MPLS dengan IPv6 dan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6. Parameter-parameter yang diuji dalam penelitian ini adalah *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dengan nilai standar berdasarkan TIPHON.

Tabel Kualitas *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>
Sangat Bagus	76-100%

Bagus	51-75%
Sedang	26-50%
Jelek	<25%

Sumber: TIPHON

Tabel Kualitas Packet Loss

Kategori Degradasi	Packet Loss
Sangat Bagus	0%-2%
Bagus	3%-14%
Sedang	15%-24%
Jelek	>25%

Sumber: TIPHON

Tabel Kualitas Delay

Kategori Delay	Delay
Sangat Bagus	<150 ms
Bagus	150 s/d 300 ms
Sedang	300 s/d 450 ms
Jelek	>450 ms

Sumber: TIPHON

A. Pengujian Jaringan MPLS dengan IPv6

Penulis akan membuktikan bahwa MPLS sudah bekerja atau belum. Untuk membuktikannya digunakan suatu *command* router yaitu *traceroute*. Dengan perintah *traceroute* dapat diketahui *interface-interface* dan router yang dilalui paket untuk mencapai tujuan.

```

CE1#traceroute
Protocol [ip]: ipv6
Target IPv6 address: 2001:db8:5:5::5
Source address: 2001:db8:1:1::1
Numeric display? [no]:
Timeout in seconds [3]:
Probe count [3]: 1
Minimum Time to Live [1]:
Maximum Time to Live [30]:
Priority [0]:
Port Number [0]:
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 2001:DB8:5:5::5
 0 2001:DB8:0:12::2 40 msec
 1 : ::FFFF:192.168.23.3 [MPLS: Label 16/19 Exp 0] 48 msec
 2 2001:DB8:0:16::4 [MPLS: Label 19 Exp 0] 96 msec
 3 2001:DB8:0:45::5 56 msec

```

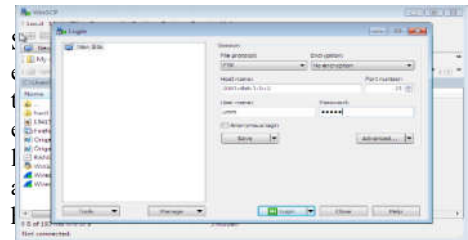
Berdasarkan hasil gambar di atas dapat terlihat label MPLS yang menggunakan label 16 dan 19 yang berperan saat proses pertukaran data dari router CE1 menuju router CE2, dimana proses routing dimulai menuju ke *ip interface* 2001:DB8:0:12::2 (router PE1). Dan setelah itu menuju ke *ip interface*

192.168.23.3 yang mana ip tersebut terdapat di router P (Core Network) terjadi pertukaran label MPLS dari 16 ke 19 dan pada *interface* 2001:db8:0:45::4 (router label 16) di *remove*.

B. Pengujian File Transfer Protocol (FTP)

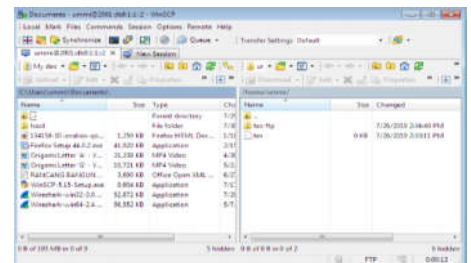
FTP merupakan mekanisme standar untuk keperluan penyalinan *file* dari satu *server* ke *client*. Pengujian FTP yang penulis lakukan menggunakan aplikasi WinSCP (*Windows Secure Copy*). Aplikasi WinSCP ini berfungsi untuk transfer file atau copy file antara windows dengan linux, dimana pada pengujian ini penulis menggunakan Os Windows 7 dengan Ubuntu Server. WinSCP ini termasuk FTP Client. Pengujian FTP akan dilakukan dengan pengiriman file sebesar 10MB. 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 MPLS dengan IPv6 dan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6. Parameter QoS yang akan diamati dan diambil pada FTP adalah *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Berikut ini langkah-langkah pengujian FTP menggunakan aplikasi WinSCP:

1. Buka WinSCP, lalu pilih "FTP" pada file protocol, lalu masukan IP Server di hostname. Kemudian masukan username, dan password, lalu klik login.



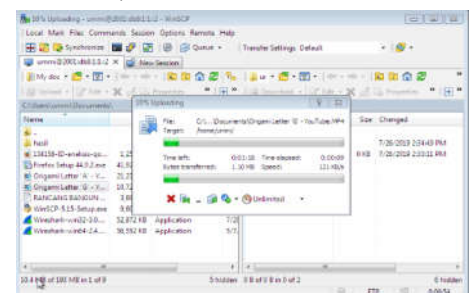
- 2.

login berhasil, akan muncul tampilan Os Windows 7 di sebelah kiri dan Ubuntu Server di sebelah kanan.



- 3.

ah itu cukup drag and drop file dari Os Windows 7 ke Ubuntu Server.



C. Pengujian QoS Jaringan MPLS dengan IPv6

1. Pengujian Delay

Pengambilan salah satu data *Capture* pada Wireshark. Klik *frame 158* lalu lihat kolom penjelasan *frame* tersebut yang berada dibawah, lalu klik tanda tambah pada pilihan pertama lalu cari “*time since references or first frame*” dimana itu merupakan waktu paket yang diterima.

```

Frame 158: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface 0
Interface id: 0 (Device\NPF_{206EC2F4-3493-4437-A9BE-F12891AD5016})
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Jul 30, 2019 19:21:06.405516000 SE Asia Standard Time
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1564489266.405516000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.020638000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.020638000 seconds]
Time since reference or first frame: 0.893025000 seconds
Frame Number: 158
    
```

frame 157 lalu lihat kolom penjelasan *frame* tersebut yang berada dibawah, lalu klik tanda tambah pada pilihan pertama lalu cari “*time since references or first frame*” dimana itu merupakan waktu paket yang dikirim.

```

Frame 157: 1310 bytes on wire (12080 bits), 1310 bytes captured (12080 bits) on interface 0
Interface id: 0 (Device\NPF_{206EC2F4-3493-4437-A9BE-F12891AD5016})
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Jul 30, 2019 19:21:06.384878000 SE Asia Standard Time
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1564489266.384878000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.000101000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.000101000 seconds]
Time since reference or first frame: 0.872387000 seconds
Frame Number: 157
    
```

umus Menghitung Delay:

$$\text{Delay} = \text{waktu paket yang diterima} - \text{waktu paket yang dikirim}$$

Dari hasil diatas didapat:

$$\text{Delay} = 0,893025000 - 0,872387000 = 0,020638 \text{ second}$$

Sehingga jika dikonversikan ke dalam bentuk *milisecond* menjadi 21 ms. Selain itu dari pengujian *delay* di atas diperoleh juga rata-rata *delay* yang dilihat dari 5 kali pengujian yang di *capture*.

Tabel Pengujian *Delay* Jaringan MPLS dengan IPv6

Pengujian	Nilai (ms)
1	21
2	22
3	20
4	24
5	21
Jumlah	108
Rata – Rata	21,6 ms

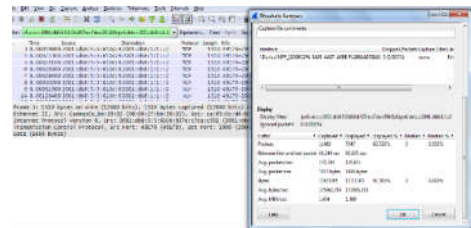
Dengan hasil *delay* rata-rata sebesar 21,6 ms maka bisa dipastikan jaringan bekerja baik, karena menurut standar TIPHON, kategori *delay* yang sangat baik yaitu nilai *delay* <150 ms.

2. Pengujian Throughput

Pada saat melakukan pengiriman data dari FTP Client ke FTP Server kemudian buka wireshark dan mulai *capture* sampai pengiriman data selesai. *Filter* protocol dengan cara ketikan perintah pada kolom

filter“*ipv6.src==2001:db8:5:5:610d:937e:c7da:c591&&ipv6.dst==2001:db8:1:1::2*”

fungsi dari filter tersebut adalah untuk menentukan nilai *throughput* yang akan dicapture berdasarkan protokol dari Client ke Server. Selanjutnya pilih *statistics* lalu pilih *summary*, maka akan muncul kotak dialog baru, *scroll down* ke pilihan *statistics*, lihat *bytes* yang merupakan jumlah data yang dikirimkan dan *between first and last packet* yang merupakan waktu pengiriman data.



Menghitung Throughput:

$$T \text{ roug put} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirimkan}}{\text{Waktu pengiriman data}}$$

Dari hasil diatas didapat waktu pengiriman data 65,155 s dan jumlah data yang dikirimkan 11623385 bytes. Jumlah tersebut adalah data yang dikirimkan, sementara data yang diterima adalah 11311341 bytes, maka nilai *throughput* nya adalah $\frac{11311341}{65,155} = 1388853,166 \text{ bytes/s} = 1,389 \text{ Mbit/s}$ atau jika di presentasikan yaitu 97,3% dari data yang dikirimkan.

Selain itu dari pengujian *throughput* di atas diperoleh juga rata-rata *throughput* yang dilihat dari 5 kali pengujian yang di *capture*.

Tabel Pengujian *Throughput* Jaringan MPLS dengan IPv6

Pengujian	Nilai (Mbit/s) / %
1	1,389 / 97,3 %
2	1,414 / 97,1 %
3	1,349 / 97,2 %
4	1,351 / 97,2 %
5	1,404 / 97,2 %
Jumlah	6,907 / 486 %
Rata – Rata	1,381 / 97,2%

Dari tabel perhitungan diatas, nilai persentase rata-rata *throughput* yang didapatkan sebesar 97,2% maka bisa dikatakan jaringan bekerja dengan sangat bagus, karena menurut standar TIPHON, kategori *throughput* yang sangat bagus yaitu dengan presentasi nilai 75%-100% dari data yang dikirim.

3. Pengujian Packet Loss

Pengambilan data untuk *Packet Loss* pada *Wireshark*. Pada menu bar pilih *Statistics* lalu pilih *Protocol Hierarchy*. Maka akan muncul kotak dialog baru, lihat *packets* yang merupakan jumlah data yang dikirimkan dan *end packets* yang merupakan jumlah data yang diterima.

Protocol	% Packets	Packets % Bytes	Bytes	Mbits/Sec	Packets/Sec	Bytes/Sec	Mbits/Sec
Frame	100.0%	11279	100.0%	2488829	1.425	0	0.000
Ethernet	100.0%	11279	100.0%	2488829	1.425	0	0.000
Internet Protocol Version 6	100.0%	11279	100.0%	2488829	1.425	0	0.000
Transmission Control Protocol	100.0%	11279	100.0%	2488829	1.425	2830	280000
TCP	100.0%	7538	97.43%	1133041	1.388	7538	1133041
TCP Reset (RST)	0.00%	10	0.0%	120	0.00	10	120
FTP Data	0.00%	1	0.0%	140	0.00	1	140

umus
Menc
ari
Packet Loss:

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Jumlah Data Dikirim} - \text{Jumlah Data Diterima}}{\text{Jumlah Paket Dikirim}} \times 100 \%$$

Dari hasil diatas didapat :

$$\text{Packet loss} = \frac{10 - 10}{10} \times 100 \%$$

$$= 0 \%$$

Dengan hasil 5 kali pengujian packet loss yang didapat sebesar 0%. Maka bisa dikatakan jaringan bekerja dengan sangat baik karena tidak ada satupun paket yang hilang saat pengiriman data.

D. Pengujian QoS Jaringan tanpa MPLS dengan IPv6

1. Pengujian Delay

Pengambilan salah satu data *Capture* pada *Wireshark*. Klik *frame* 128 lalu lihat kolom penjelasan *frame* tersebut yang berada dibawah, lalu klik tanda tambah pada pilihan pertama lalu cari "*time since references or first frame*" dimana itu merupakan waktu paket yang diterima.

```

Frame 128: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface 0
Interface id: 0 (Device NPF_{2066C2F4-3493-4A37-A9BE-F12891AD5016})
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Jul 30, 2019 20:02:57.258526000 SE Asia Standard Time
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1564491777.258526000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.020746000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.020746000 seconds]
Time since reference or first frame: 0.912779000 seconds
Frame Number: 128
    
```

frame 127 lalu lihat kolom penjelasan *frame* tersebut yang berada dibawah, lalu klik tanda tambah pada pilihan pertama lalu cari "*time since references or first frame*" dimana itu merupakan waktu paket yang dikirim.

```

Frame 127: 1514 bytes on wire (12112 bits), 1514 bytes captured (12112 bits) on interface 0
Interface id: 0 (Device NPF_{2066C2F4-3493-4A37-A9BE-F12891AD5016})
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Jul 30, 2019 20:02:57.237780000 SE Asia Standard Time
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1564491777.237780000 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.000040000 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.000040000 seconds]
Time since reference or first frame: 0.892033000 seconds
Frame Number: 127
    
```

Rumus Menghitung Delay:

$$\text{Delay} = \text{waktu paket yang diterima} - \text{waktu paket yang dikirim}$$

Dari hasil diatas didapat:

$$\text{Delay} = 0,912779000 - 0,892033000 = 0,020746 \text{ second}$$

Sehingga jika dikonversikan ke dalam bentuk *milisecond* menjadi 21 ms. Selain itu dari pengujian *delay* di atas diperoleh juga rata-rata *delay* yang dilihat dari 5 kali pengujian yang di *capture*.

Tabel Pengujian *Delay* Jaringan tanpa MPLS dengan IPv6

Pengujian	Nilai (ms)
1	21
2	22
3	20
4	24
5	23
Jumlah	110
Rata – Rata	22 ms

Dengan hasil *delay* rata-rata sebesar 22 ms maka bisa dipastikan jaringan bekerja baik, karena menurut standar TIPHON, kategori *delay* yang sangat baik yaitu nilai *delay* <150 ms.

2. Pengujian Throughput

Pada saat melakukan pengiriman data dari FTP Client ke FTP Server kemudian buka *wireshark* dan mulai *capture* sampai pengiriman data selesai. *Filter* protocol dengan cara ketikan perintah pada kolom

`filter"ipv6.src==2001:db8:5:5:2c99:9bcd:e bbe:dd51&&ipv6.dst==2001:db8:1:1::2"`

fungsi dari filter tersebut adalah untuk menentukan nilai *throughput* yang akan dicapture berdasarkan protokol dari Client ke Server. Selanjutnya pilih *statistics* lalu pilih *summary*, maka akan muncul kotak dialog baru, *scroll down* ke pilihan *statistics*, lihat *bytes* yang merupakan jumlah data yang dikirimkan dan *between first and last packet*

Statistik	Encapsulated	Actual
Frame	11279	11279
Bytes	2488829	2488829
Throughput	1.425 Mbits/Sec	1.425 Mbits/Sec
Time	1.700	1.700
Time since reference or first frame	0.892033000	0.892033000
Time since reference or first frame	0.912779000	0.912779000

um
pakan waktu pengiriman data.

Rumus Menghitung Throughput:

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang dikirimkan}}{\text{Waktu pengiriman data}}$$

Dari hasil diatas didapat waktu pengiriman data 77,499 s dan jumlah data yang dikirimkan 11811806 bytes. Jumlah tersebut adalah data yang dikirimkan, sementara data yang diterima adalah 11488240 bytes, maka nilai throughput nya adalah $\frac{11488240}{77,499} = 1185898,141 \text{ bytes/s} = 1,186 \text{ Mbit/s}$ atau jika di presentasikan yaitu 97,2% dari data yang dikirimkan.

Selain itu dari pengujian *throughput* di atas diperoleh juga rata-rata *throughput* yang dilihat dari 5 kali pengujian yang di *capture*.

Tabel Pengujian Throughput Jaringan MPLS dengan IPv6

Pengujian	Nilai (Mbit/s) / %
1	1,186 / 97,2 %
2	1,317 / 97,1 %
3	1,315 / 97 %
4	1,228 / 97 %
5	1,330 / 97,1 %
Jumlah	6,376 / 485,4 %
Rata – Rata	1,275 / 97 %

Dari tabel perhitungan diatas, nilai persentase rata-rata *throughput* yang didapatkan sebesar 97% maka bisa dikatakan jaringan bekerja dengan sangat baik, karena menurut standar TIPHON, kategori *throughput* yang sangat baik yaitu dengan presentasi nilai 75%-100% dari data yang dikirim.

3. Pengujian Packet Loss

Pengambilan data untuk *Packet Loss* pada *Wireshark*. Pada menu bar pilih *Statistics* lalu pilih *Protocol Hierarchy*. Maka akan muncul kotak dialog baru, lihat *packets* yang merupakan jumlah data yang dikirimkan dan *end packets* yang merupakan jumlah data yang diterima.

Protocol	% Packets	Packets % Bytes	Bytes	Min	Max	End	End	End	End
Frame	100.0 %	11707	11811806	11811806	1,229	0	0	0,000	
Ethernet	100.0 %	11707	11811806	11811806	1,229	0	0	0,000	
Internet Protocol Version 6	100.0 %	11695	11809712	11809712	1,229	0	0	0,000	
Transmission Control Protocol	100.0 %	11695	11797532	1,228	3967	307902	0,052		
TCP	100.0 %	765	11817940	1,186	3925	11817940	1,186		
File Transfer Protocol (FTP)	0.00 %	0	0.00 %	0.00	0.00	0	0.00		
FTP Data	0.00 %	0	0.00 %	0.00	0.00	0	0.00		

umum

Mencari Packet Loss:

$$Packet\ loss = \frac{\text{Jumlah Data Dikirim} - \text{Jumlah Data Diterima}}{\text{Jumlah Paket Dikirim}} \times 100 \%$$

Dari hasil diatas didapat :

$$Packet\ loss = 0 \%$$

Dengan hasil 5 kali pengujian *packet loss* yang didapat sebesar 0%. Maka bisa dikatakan jaringan bekerja dengan sangat baik karena tidak ada satupun paket yang hilang saat pengiriman data.

E. Analisa Quality of Service (QoS)

Analisis dilakukan berdasarkan pengujian-pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah jaringan memiliki kualitas sesuai standar TIPHON dan hal-hal apa saja yang mempengaruhi kualitas jaringan tersebut.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui nilai dari *delay*, *throughput*, dan *packet loss* dalam tabel berikut:

Tabel Analisa Hasil Pengujian Parameter QoS

Nama Jaringan	Delay	Throughput	Packet Loss
MPLS dengan IPv6	21,6 ms	97,2 %	0 %
Tanpa MPLS dengan IPv6	22 ms	97 %	0 %

1. Analisa Delay

Analisa *delay* berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah :

- Pengujian *delay* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil 21,6 ms dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON
- Pengujian *delay* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil 22 ms dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON

2. Analisa Throughput

Analisa *throughput* berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah :

- Pengujian *throughput* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil 97,2% dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON
- Pengujian *throughput* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil 97% dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON

3. Analisa Packet Loss

Analisa *packet loss* berdasarkan pengujian yang telah dilakukan adalah :

- Pengujian *packet loss* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil

0% dapat dikategorikan baik menurut standar TIPHON

- b. Pengujian *packet loss* sebanyak 5 kali yang telah dilakukan pada jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 memperoleh hasil 0% dapat dikategorikan baik menurut standar TIPHON

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan, maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Parameter-parameter yang diujikan adalah *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Pengujian menggunakan 2 model jaringan yang berbeda yaitu jaringan MPLS dengan IPv6 dan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6.
2. Hasil pengujian *delay* yang telah dilakukan dengan pengiriman paket *File Transfer Protocol* sesuai standarisasi TIPHON didapatkan jaringan MPLS dengan IPv6 memiliki nilai yang lebih baik dengan nilai rata-rata *delay* 21,6 ms dibandingkan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 yang memperoleh nilai rata-rata *delay* 22 ms.
3. Hasil pengujian *throughput* yang telah dilakukan dengan pengiriman paket *File Transfer Protocol* sesuai standarisasi TIPHON didapatkan jaringan MPLS dengan IPv6 memiliki nilai yang lebih baik dengan presentasi nilai rata-rata 97,2% dibandingkan jaringan tanpa MPLS dengan IPv6 yang memperoleh presentasi nilai rata-rata 97%.
4. Hasil pengujian *packet loss* yang telah dilakukan dengan pengiriman paket *File Transfer Protocol* menunjukkan paket yang hilang sebesar 0% dan dapat dikategorikan sangat bagus menurut standar TIPHON dikarenakan tidak ada *packet loss* selama pengiriman data berlangsung.
5. Berdasarkan kesimpulan point nomor 2 sampai dengan point nomor 4. Dapat disimpulkan performansi pada jaringan MPLS dengan IPv6 dengan pengujian paket *File Transfer Protocol* yang sudah dilakukan memiliki nilai QoS yang lebih baik dari jaringan tanpa MPLS dengan IPv6.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmawati Dwi, Imas. (2014). *Analisa QoS Pada Jaringan MPLS IPv6 Berbasis Routing*

OSPF. Jurnal Penelitian, Program Studi Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

- [2] Handayani Kristanti, Novi. (2014). *Simulasi Jaringan Multiprotocol Label Switching (MPLS) Menggunakan Graphical Network Simulator(GNS3)*. Jurnal Penelitian, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [3] Sofana, Iwan. (2017). *Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik*. Bandung : Informatika.
- [4] Sopandi, Dede. (2006). *Instalasi dan Konfigurasi Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.
- [5] Aristo, Muh. (2018). *Cisco Kung Fu Jurus – Jurus Routing*. Jakarta : Jasakom.
- [6] Firdaus, Kawula (2009). *Penerapan Teknologi Multi-Protocol Label Switching (MPLS) pada Jaringan Komputer (Studi Kasus: LAB ELKON BPPT)*. (Skripsi). Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- [7] Purbo, Onno W. dkk. (2016). *IPv6 Fondasi Internet Masa Depan*. Yogyakarta : Andi Publisher.
- [8] Nugroho, Kukuh. (2016). *Jaringan Komputer Menggunakan Pendekatan Praktis*. Kebumen : Mediatara.
- [9] Cisco. (2002). *MPLS Deployment and Operation Guide*. Dokumen Teknis, 100084-00 Rev. 02, Santa Clara, California.
- [10] Sofana, Iwan. (2016). *Cisco CCNA-CCNP Routing dan Switching*. Jakarta: Informatika.
- [11] Kasmar. (2012). *Differentiated Service*. Dikta, Teknik Elektro dan Informatika Institut Teknologi Bandung.
- [12] Hendevane. (2017). *Quality of Service IT Network Infrastructure*. (Dokumen). Hendevane Training Partner, Jawa Barat.
- [13] Airputih, Tim. (2010). *Modul Panduan Jaringan Linux Dasar*. Jakarta: Airputih.
- [14] Wireshark. (2017). *Wireshark Guide*. [Online]. <https://wireshark.org/download/docs/user-guide.pdf> diakses pada 16 April 2019
- [15] ETSI. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*.
- [16] ETSI. (2000). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON); End to End of Quality of Service in TIPHON Systems; Part 2: Definition of Quality of Service (QoS)*.