

PERANCANGAN JARINGAN *MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING* MENGUNAKAN METODE NDLC UNTUK LAYANAN VOIP DAN *STREAMING* *VIDEO* UNIVERSITAS TELKOM

DESIGN OF MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING NETWORK USING NDLC FOR VOIP SERVICES AND STREAMING VIDEO TELKOM UNIVERSITY

Aziz Widya Isnanta¹, M. Teguh Kurniawan²

^{1,2}Prodi S1 Sistem Informasi, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹azizwidya@student.telkomuniversity.ac.id, ²teguhkurniawan@telkomuniveristy.ac.id

Abstrak

Survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII) pada tahun 2016 menemukan 132,7 juta orang Indonesia telah terhubung ke internet. Universitas Telkom sebuah perguruan tinggi berbasis ICT dimana setiap proses bisnisnya telah menggunakan jaringan internet tak kecuali pada setiap program studinya. Program studi Sistem Informasi adalah salah satu program studi yang ada di universitas Telkom, dimana terdapat berbagai macam proses bisnis salah satunya adalah praktikum. Beberapa modulnya dilakukan secara *online*. *File* yang di *upload* berjenis VoIP dan *Streaming Video* yang dikirim ke *server*. Namun pada saat ini terjadi masalah dalam praktikum yaitu *upload file* praktikum yang tidak diterima oleh *server* sehingga menjadi kendala yang cukup besar dalam proses praktikum *online*. Sampai saat ini belum ada program untuk menyelesaikan hal tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan penerapan teknologi MPLS untuk memberikan solusi pada masalah tersebut.

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran terhadap kualitas layanan VoIP dan *Streaming Video*. Pengukuran jaringan dilakukan dengan menggunakan parameter *Quality of Service*, yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* berdasarkan standar ITU-T G.1010 dan TIPHON. Hasil penelitian ini pada layanan VoIP dan *Streaming Video* mendapatkan nilai QoS yang memenuhi dari standar pengukuran ITU-T dan TIPHON pada parameter QoS.

Kata kunci : MPLS, QoS, VoIP, Streaming Video, Sistem Informasi

Abstract

(APJII) Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia conducted a survey in 2016 and found that 132.7 million people of Indonesia have been connected with the internet. Telkom University is a college institution using ICT as a base which means, every department has already used the Internet to fulfill business process of the study program information system. Information Systems study program is one of the existing courses in Telkom universities, where there are various business processes one of which is a practicum. Some of the modules are done online. Uploaded files are VoIP and Video Streams sent to the server. Even until now there is no solution for this defect. In this research, it will try to implementing the MPLS technology for this solution.

This research was conducted to measure the quality of VoIP and video streams. Network measurements were performed using Quality of Service parameters, ie throughput, delay, jitter, and packet loss based on ITU-T G.1010 and TIPHON standards. The results of this research on VoIP and Streaming Video services get QoS values that meet from ITU-T and TIPHON measurement standards on QoS parameters.

Keywords : MPLS, QoS, VoIP, Streaming Video, Information System

1. Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi sebagai sarana mempercepat proses penyampaian informasi, maka ilmu pengetahuan dan teknologi diarahkan pada penyampaian informasi yang lebih efisien dan praktis.

Universitas Telkom sebuah perguruan tinggi berbasis ICT di mana setiap program studinya menggunakan jaringan internet untuk memenuhi proses bisnisnya. Fakultas Rekayasa Industri membawahi dua program studi di antaranya Sistem Informasi dan Teknik Industri. Pada Program Studi Sistem Informasi memiliki laboratorium yang mendukung adanya riset teknologi dan praktikum. Praktikum yang ada di Program Studi Sistem Informasi di antaranya menggunakan praktikum *offline* dan praktikum *online*. Dalam pelaksanaan praktikum *online*, praktikan melakukan *upload* sebuah *file* yang berformat pdf atau docx lalu dikirim server melalui jaringan di lingkup kampus. Saat dilakukan proses *upload* beberapa kali terjadi kasus bahwa *file* tidak diterima oleh *server* walaupun sudah dikirimkan oleh praktikan. Hal tersebut dapat terjadi karena adanya penyempitan jalur (*bottleneck*) terhadap lalu lintas yang akan menuju ke *server*.

Berdasarkan kondisi jaringan tersebut, maka diperlukan rancangan jaringan MPLS (*Multiprotocol Label Switching*) yang dapat mengurangi proses pengolahan yang terjadi di IP router dan mampu meningkatkan kinerja pengiriman paket data. Selain itu, MPLS dapat menyediakan QoS (*Quality of Service*) dalam jaringan *backbone*, serta menghitung parameter QoS sehingga pada setiap layanan dapat di identifikasikan ke dalam kelas secara berbeda sesuai dengan

skema yang diprioritaskan. Lalu perancangan infrastruktur ini menggunakan metode NDLC (*Network Development Lyfe Cycle*).

2. Dasar Teori

2.1 Model Open System Interconnection (OSI)

Pengembangan model OSI dimaksudkan untuk menyediakan suatu kerangka kerja. Di dalam model itu, satu atau lebih standar protokol dapat dikembangkan pada masing-masing lapisan. Model menentukan fungsi-fungsi secara umum agar dapat ditampilkan pada lapisan. [1]

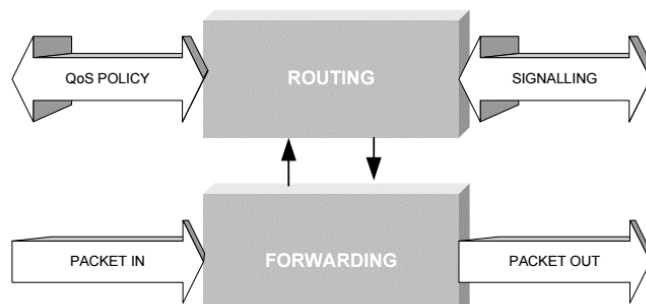
Dalam OSI *reference model*, terdapat tujuh buah layer komunikasi, masing-masing OSI Layer memiliki set fungsi berbeda-beda, yaitu *application layer*, *presentation layer*, *session layer*, *transport layer*, *network layer*, *data link layer* dan *physical layer*. [2]

2.2 Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Multiprotocol Label Switching (MPLS) adalah suatu metode yang berfungsi untuk mempercepat penerimaan dan pengiriman paket pada jaringan dengan menggunakan label. Jaringan MPLS merupakan arsitektur jaringan yang didefinisikan oleh Internet Engineering Task Force (IETF) untuk memadukan mekanisme *Label swapping* di layer 2 dengan *routing* di layer 3 untuk mempercepat pengiriman paket data. Jaringan MPLS bekerja pada layer Network dan layer Data Link dalam proses transmisi paket data. [3]

2.3 Arsitektur MPLS

Network MPLS terdiri dari lintasan yang dinamakan *Label Switched Path (LPS)*, yang gunanya menghubungkan titik-titik yang dinamakan *Label Switched Router (LSR)*. LSR yang masuk disebut *ingress* dan yang keluar disebut *egress*. Pada setiap LSP akan dikaitkan dengan sebuah *forwarding equivalence class (FEC)*, merupakan sebuah kumpulan paket yang menerima perlakuan *forwarding* yang sama di sebuah LSR, FEC diidentifikasi dengan pemasangan label. [4]



Gambar 2. 1 Arsitektur MPLS

2.4 VoIP

Voice Over Internet Protocol (VoIP) merupakan suatu teknologi yang dapat mengirimkan paket suara melalui jaringan Internet Protocol. Jaringan Internet Protocol (IP) sendiri merupakan jaringan komunikasi data yang berbasis *packet-switch*, sehingga dalam berkomunikasi menggunakan VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan komunikasi. [5]

Pada umumnya VoIP mempunyai empat komponen utama [6], yaitu:

- User Agent*, merupakan suatu komponen yang digunakan oleh pengguna untuk memulai dan menerima suatu sesi komunikasi. Dalam VoIP, *user agent* bisa dikatakan sebagai suatu komponen yang melakukan dial nomor telepon atau menerima nomor telepon dial dari VoIP.
- Proxy*, merupakan aplikasi *server* yang mengatur jaringan VoIP. *Proxy* dalam VoIP biasa juga disebut dengan istilah *IPPBX Server*.
- Protokol, merupakan aturan komunikasi yang terjadi antara *user agent* dengan *proxy*. Protokol yang sering digunakan untuk membangun jaringan VoIP adalah H.323 dan protokol *Session Initiation Protocol (SIP)*.
- Codec*, yaitu teknologi yang memampatkan data *voice* ke dalam format lain sehingga menjadi lebih teratur dan mudah untuk dipaketkan. Dengan adanya *codec*, maka penggunaan *bandwidth* pada jaringan VoIP dapat dihemat.

2.5 Streaming Video

Video Streaming merupakan suatu layanan yang memungkinkan suatu *server* untuk membroadcast suatu video yang bisa diakses oleh *client*nya. Layanan *video streaming* memungkinkan penggunaanya untuk mengakses videonya secara *real time* ataupun sudah direkam sebelumnya. [7]

2.6 Quality of Service (QoS)

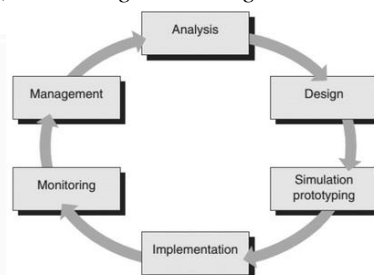
Quality of Service (QoS) didefinisikan sebagai sebuah mekanisme atau cara yang memungkinkan layanan dapat beroperasi sesuai dengan karakteristiknya masing-masing dalam jaringan IP. QoS bertujuan untuk menyediakan

Audio	Conventional voice	Two-way	4-64 kbit/s	< 150 ms preferred (note 1) < 400 ms limit (note 1)	< 1 ms	<3% packet loss ratio (PLR)	
Audio	Voice messaging	Primarily one-way	4-32 kbit/s	< 1 s for playback < 2 s for record	< 1 ms	< 3% PLR	
Audio	High quality streaming audio	Primarily one-way	16-128 kbit/s (note 3)	< 10 s	< 1 ms	< 1% PLR	
Video	Videophone	Two-way	16-384 kbit/s	< 150 ms preferred (note 4) < 400 ms limit		<1% PLR	Lip-synch: < 80 ms
Video	One-way	One-way	16-384 kbit/s	< 10 s		< 1% PLR	

2.7 Metodologi Penelitian

2.7.1 Network Development Life Cycle (NDLC)

Network Development Life Cycle (NDLC) merupakan suatu metode yang digunakan dalam mengembangkan atau merancang jaringan infrastruktur yang memungkinkan terjadinya pemantauan jaringan untuk mengetahui statistik dan kinerja jaringan. Hasil analisis kinerja tersebut dijadikan sebagai pertimbangan dalam perancangan desain jaringan, baik desain jaringan yang bersifat fisik atau jaringan logis. NDLC terdiri dari enam tahapan, yaitu *analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring* dan *management*.



Gambar 2. 2 *Network Development Life Cycle phase*

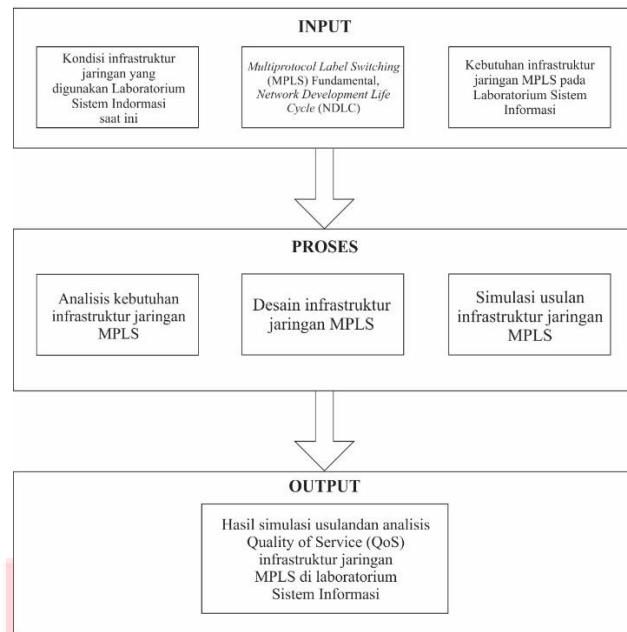
Pada penelitian ini menggunakan 3 tahapan pada metodologi NDLC, yaitu

1. *Analysis*
2. *Design*
3. *Simulation prototyping*

2.8 Model Konseptual

Metodologi penelitian dapat berupa kerangka atau model konseptual yang digunakan dalam penelitian [9]. Pada penelitian ini model konseptual yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.3.

MODEL KONSEPTUAL



Gambar 2. 3 Model Konseptual

3. Pembahasan

3.1 Analisis Hasil Pengujian Jaringan Saat Ini

Pengujian pada desain jaringan saat ini dilakukan dengan melakukan pengukuran *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dengan melakukan VoIP dan *streaming video* pada salah satu komputer *server* yang melakukan *broadcast* kepada *client*. Pengukuran dilakukan dari komputer *client* dengan ditentukan untuk mengakses ke komputer *server*. Pengukuran dilakukan pada waktu sibuk (*peak time*) dimana mahasiswa, dosen, dan pegawai/staf sedang aktif menggunakan internet pada pukul 08.00-16.00 WIB dan sepi pada pukul 16.00-21.00 WIB saat mahasiswa, dosen, dan pegawai/staf sedang tidak menggunakan internet. Berikut hasil pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3. 1 Capture Hasil Pengukuran VoIP (audio)

Parameter Qos	Hasil Pengukuran <i>peak time</i>	Hasil Pengukuran sepi	Standar ITU-T G. 1010	Standar TIPHON	Keterangan
<i>Delay</i>	55,58 ms	53,67 ms	< 150 ms	-	Memenuhi
<i>Throughput</i>	23,81 KB/s	24,61 KB/s	4-64 kbit/s	-	Memenuhi
<i>Packet Loss</i>	0%	0%	< 3%	-	Memenuhi
<i>Jitter</i>	45,74 ms	41,34 ms	-	0 - 75 ms	Baik

Tabel 3. 2 Capture Hasil Pengukuran Streaming Video

Parameter Qos	Hasil Pengukuran <i>peak time</i>	Hasil Pengukuran sepi	Standar ITU-T G. 1010	Standar TIPHON	Keterangan
<i>Delay</i>	30,27 ms	23,58 ms	< 10 s	-	Memenuhi
<i>Throughput</i>	46,72 KB/s	55,3 KB/s	16-384 kbit/s	-	Memenuhi
<i>Packet Loss</i>	0%	0%	< 1%	-	Memenuhi
<i>Jitter</i>	34,1 ms	20,06 ms	-	0 - 75 ms	Baik

Dari pengujian baik menggunakan Voip dan *Streaming Video* telah mencapai standar atau indeks nilai yang baik. tergolong dalam standar yang sudah cukup memuaskan berdasarkan standar ITU-T G.1010. Oleh karena itu diperlukan adanya penambahan *router* lalu dikonfigurasi dengan usulan *MultiProtocol Label Switching* yang nantinya di *setting* pada *router* agar lebih baik lagi nilai dari parameter *Quality of Service*.

3.2 Analisis Hasil Pengujian Jaringan Usulan

Sama seperti pengujian pada jaringan saat ini, pengujian pada jaringan usulan yang telah diterapkan teknologi MPLS juga akan dilakukan pada dua waktu yang berbeda pada waktu *peak time* dan waktu sepi. Parameter *Quality of*

Service yang akan diujikan pun sama, yaitu *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Pengujian dilakukan pada setiap *switch* di lapisan akses.

Tabel 3. 3 Capture Hasil Pengukuran VoIP (audio)

Parameter Qos	Hasil Pengukuran <i>peak time</i>	Hasil Pengukuran senggang	Standar ITU-T G. 1010	Standar TIPHON	Keterangan
<i>Delay</i>	10,95 ms	9,87 ms	< 150 ms	-	Memenuhi
<i>Throughput</i>	13,6367 KB/s	15,20 KB/s	4-64 kbit/s	-	Memenuhi
<i>Packet Loss</i>	0%	0%	< 3%	-	Memenuhi
<i>Jitter</i>	3,923 ms	2,946 ms	-	0 - 75 ms	Baik

Tabel 3. 4 Capture Hasil Pengukuran Streaming Video

Parameter Qos	Hasil Pengukuran <i>peak time</i>	Hasil Pengukuran senggang	Standar ITU-T G. 1010	Standar TIPHON	Keterangan
<i>Delay</i>	15,13 ms	8,28 ms	< 10 s	-	Memenuhi
<i>Throughput</i>	87,44187 KB/s	160,63 KB/s	16-384 kbit/s	-	Memenuhi
<i>Packet Loss</i>	0%	0%	< 1%	-	Memenuhi
<i>Jitter</i>	2,27 ms	1,342 ms	-	0 - 75 ms	Baik

Pada parameter *Quality of Service* yang telah diuji seperti *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter* menunjukkan hasil yang baik. Dari pengujian yang dilakukan terlihat bahwa waktu pengukuran VoIP pada waktu sibuk *jitter* pengiriman paket berhasil berkurang hingga 40 ms dan *delay* pengiriman paket berhasil berkurang hingga 30 ms berdasarkan jaringan saat ini.

Pada *Streaming Video* pada waktu sibuk *jitter* pengiriman paket data berhasil berkurang 18 ms dan *delay* pengiriman paket berhasil berkurang 4 ms jika dibandingkan pada jaringan saat ini. Semakin kecil *delay*, maka waktu yang dibutuhkan dalam mengirim paket akan lebih sedikit, hingga lebih cepat dalam pertukaran data.

3.3 Analisis Perbandingan Pengujian Jaringan Saat Ini dan Jaringan Usulan

Hasil atas pengujian QoS baik pada jaringan saat ini dan jaringan usulan, maka kedua hasil tersebut dapat dibandingkan dan selanjutnya akan dianalisis sebesar apa perubahan yang terjadi pada jaringan ketika diimplementasikan teknologi MPLS.

Tabel 3. 5 Perbandingan VoIP waktu sibuk (*peaktime*)

Parameter Qos	Hasil Pengukuran Jaringan Saat Ini	Hasil Pengukuran Jaringan Usulan
<i>Delay</i>	55,58 ms	10,95 ms
<i>Throughput</i>	23,81 KB/s	13,6367 KB/s
<i>Packet Loss</i>	0%	0%
<i>Jitter</i>	45,74 ms	3,923 ms

Tabel 3. 6 Perbandingan VoIP waktu senggang

Parameter Qos	Hasil Pengukuran Jaringan Saat Ini	Hasil Pengukuran Jaringan Usulan
<i>Delay</i>	53,67 ms	9,87 ms
<i>Throughput</i>	24,61 KB/s	15,20 KB/s
<i>Packet Loss</i>	0%	0%
<i>Jitter</i>	41,34 ms	2,946 ms

Tabel 3. 7 Perbandingan Streaming Video waktu sibuk (*peaktime*)

Parameter Qos	Hasil Pengukuran Jaringan Saat Ini	Hasil Pengukuran Jaringan Usulan
<i>Delay</i>	30,27 ms	15,13 ms
<i>Throughput</i>	46,72 KB/s	87,44187 KB/s
<i>Packet Loss</i>	0%	0%
<i>Jitter</i>	34,1 ms	2,27 ms

Tabel 3. 8 Perbandingan *Streaming Video* waktu senggang

Parameter Qos	Hasil Pengukuran Jaringan Saat Ini	Hasil Pengukuran Jaringan Usulan
<i>Delay</i>	23,58 ms	8,28 ms
<i>Throughput</i>	55,3 KB/s	160,63 KB/s
<i>Packet Loss</i>	0%	0%
<i>Jitter</i>	20,06 ms	1,342 ms

Skenario pengujian dilakukan pada layanan VoIP di jaringan saat ini dengan jaringan usulan pada waktu sibuk (*peak time*) menghasilkan nilai *delay* yang mengalami penurunan signifikan dari nilai 49,069 ms menjadi 19,993 ms sedangkan pada waktu senggang menghasilkan nilai *delay* yang hampir sama antara nilai saat waktu sibuk dengan nilai 37,464 ms menjadi 19,994 ms. *Packet loss* juga termasuk kategori sangat baik dengan nilai 0%. Nilai *jitter* dapat dikategorikan sangat baik dengan mendapatkan nilai yang sebelumnya 46,59 ms menjadi 6,35 ms, sedangkan pada usulan mendapatkan nilai 41,32 ms menjadi 5,64 ms. Berbeda pada nilai *throughput* yang mengalami kurang maksimal dengan nilai saat waktu sibuk (*peak time*) 24,827 KB/s menjadi 20,918 KB/s dan hasil waktu senggang 25,47 KB/s menjadi 20,921 KB/s. Hal yang terjadi pada nilai *throughput* dikarenakan VoIP ialah layanan yang interaktif yang membutuhkan *response* cepat atau nilai *delay* dan *jitter* yang kecil saat dilakukannya percakapan dua arah secara bersamaan. Cara yang digunakan untuk mengeliminasi *delay* ialah dengan mengumpulkan serta menahan sementara beberapa urutan paket data di *buffer* hingga paket terakhir tiba, sehingga dapat diatur dalam selang waktu yang tepat. Selanjutnya pada hasil skenario pengujian dilakukan pada layanan *Streaming Video* di jaringan saat ini dengan jaringan usulan pada waktu sibuk (*peak time*) mendapatkan nilai *delay* dapat dikatakan baik dari 23,57 ms menjadi 19,52 ms. Hasil tersebut juga memberikan nilai *packet loss* sangat baik dengan nilai 0%. *Jitter* dapat dikategorikan sangat baik dengan mendapatkan nilai 23,58 ms menjadi 5,789 ms. Lalu pada nilai *throughput* meningkat dari 56,74 KB/s menjadi 68,535 KB/s. Sedangkan pada waktu senggang menghasilkan nilai *delay* dari 18,23 ms menjadi 16,78 ms. Nilai *packet loss* tidak berubah dengan nilai 0%. Pada *jitter* juga sangat baik dengan mendapatkan nilai 10,31 ms menjadi 4,57 ms. Selanjutnya nilai *throughput* meningkat 73,35 KB/s menjadi 104,492 KB/s. Hal ini terjadi pada nilai *throughput* yang meningkat dikarenakan layanan *Streaming Video* merupakan layanan yang informatif yang saat dilakukannya pengiriman paket data *streaming video* membutuhkan data yang besar. Semakin besar maka pengiriman data di jaringan seringkali dapat mengganggu atau dapat menurunkan performa. Berdasarkan pemahaman ini maka diperoleh perbandingan yang terbalik antara *background traffic* dan nilai *throughput* yang dihasilkan. Namun dari hasil pengukuran pada layanan *Streaming Video*, yang terjadi adalah semakin besar *background traffic* maka nilai *throughput* yang dihasilkan semakin besar meskipun hasil yang diperoleh antara *client1* dan *client2* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada tahap identifikasi kondisi infrastruktur jaringan Program Studi Sistem Informasi saat ini di dapat hasil sebagai berikut:
 - a. Hasil pengukuran jaringan saat ini pada layanan VoIP diwaktu sibuk *delay* mendapatkan 55,58 ms dan diwaktu senggang nilai *delay* nilai 53,67 ms. Pada waktu sibuk dan senggang *packet loss* mendapatkan 0%. *Jitter* diwaktu sibuk mendapatkan 45,74 ms, sedangkan pada senggang mendapatkan 41,34 ms. *Throughput* diwaktu sibuk mendapatkan 23,81 KB/s dan waktu senggang 24,61 KB/s. Nilai parameter QoS pada layanan VoIP sudah cukup baik berdasarkan standarisasi ITU-T G.1010 dan TIPHON.
 - b. Hasil pengukuran jaringan saat ini pada layanan *Streaming Video* diwaktu sibuk *delay* mendapatkan 30,27 ms dan diwaktu senggang nilai *delay* nilai 23,58 ms. Pada waktu sibuk dan senggang *packet loss* mendapatkan 0%. *Jitter* diwaktu sibuk mendapatkan 34,1 ms, sedangkan pada senggang mendapatkan 20,06 ms. *Throughput* diwaktu sibuk mendapatkan 46,724 KB/s dan waktu senggang 55,3 KB/s. Nilai parameter QoS pada layanan *Streaming Video* sudah cukup baik berdasarkan standarisasi ITU-T G.1010 dan TIPHON.
2. Rancangan jaringan MPLS yang diusulkan adalah sebagai berikut:
 - a. Hasil pengukuran jaringan usulan pada layanan VoIP diwaktu sibuk *delay* mendapatkan 10,95 ms dan diwaktu senggang nilai *delay* nilai 9,87 ms. Pada waktu sibuk dan senggang *packet loss* mendapatkan 0%. *Jitter* diwaktu sibuk mendapatkan 3,923 ms, sedangkan pada senggang mendapatkan 2,946 ms. *Throughput* diwaktu sibuk mendapatkan 13,6367 KB/s dan waktu senggang 15,20 KB/s. Nilai parameter QoS pada layanan VoIP bila dibandingkan dengan kondisi jaringan sebelumnya, jauh lebih baik karena pada nilai parameter QoS seperti *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter* mengalami peningkatan yang signifikan.
 - b. Hasil pengukuran jaringan usulan pada layanan *Streaming Video* diwaktu sibuk *delay* mendapatkan 15,13 ms dan diwaktu senggang nilai *delay* nilai 8,28 ms. Pada waktu sibuk dan senggang *packet loss* mendapatkan 0%. *Jitter* diwaktu sibuk mendapatkan 2,27 ms, sedangkan pada senggang mendapatkan 1,342 ms. *Throughput* diwaktu sibuk mendapatkan 87,44187 KB/s dan waktu senggang 160,63 KB/s. Nilai parameter QoS pada layanan *Streaming Video* bila dibandingkan dengan kondisi jaringan sebelumnya, jauh lebih baik karena pada nilai parameter QoS seperti *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter* mengalami peningkatan yang signifikan.

Daftar Pustaka

- [1] W. Stalling, *Komunikasi Data dan Komputer, Dasar-dasar Komunikasi Data*, 2001.
- [2] N. K. Anwar, "Analisis dan perancangan manajemen jaringan dengan menggunakan mikrotik routerOS tm (study kasus: Badan Narkotika Nasional)," 2011.
- [3] I. C. & P. G. Miller, *CISSP for Dummies*, 2012.
- [4] E. Rosen, *Multiprotocol label switching architecture. RFC*, p. 3, 2001.
- [5] R. H. H. F. B. Yin dar Lin, *Computer Networks : An Open Source*, 2012.
- [6] E. B. Setiawan, "Analisa Quality Of Services (Qos) Voice Over Internet Protocol (Voip) Dengan Protokol H. 323 Dan Session Initial Protocol (Sip)," *Jurnal Komputer dan Informatika 1.2*, 2012.
- [7] A. A. M. Z. S. H. a. I. W. Abror, "Rancang Bangun dan Analisa QOS Audio dan Video Streaming Pada Jaringan MPLS VPN," *EEPIS Final Project*, 2010.
- [8] R. a. A. Taufiq Abdul Gani, "Aplikasi Pengaruh Quality Of Service (Qos) Video Conference Pada Trafik H. 323 Dengan Menggunakan Metode Differentiated Service (Diffserv)," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, pp. 55-61, 2010.
- [9] Z. A. Hasibuan, *Metodologi Penelitian pada Bidang Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, Depok: Universitas Indonesia, 2007.
- [10] G. James, "Chapter 10: The Network Development Life Cycle," dalam *Applied Data Communications : A Business-Oriented Approach*, 2004, p. 375.