

**TEKNOLOGI MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING
PADA JARINGAN DENGAN LAYANAN VOIP**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

Jurusan Teknik Informatika



Disusun Oleh :

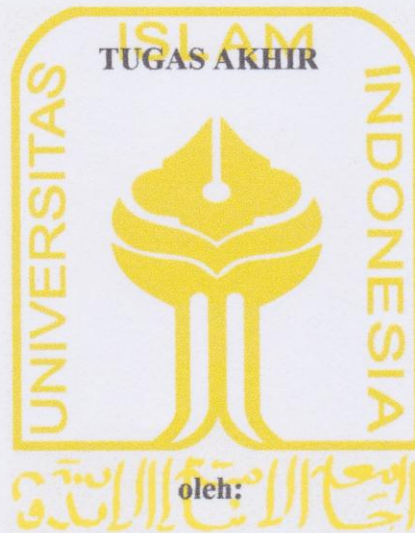
Nama : Kurniawan

NIM : 07523170

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2015

**LEMBAR PENGESAHAN
TEKNOLOGI MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING
PADA JARINGAN DENGAN LAYANAN VOIP**



**Nama : Kurniawan
NIM : 07523170**

Yogyakarta, 7 Januari 2015

Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ari Sujarwo', is written over the name of the supervisor.

Ari Sujarwo, S.Kom., MIT(Hons)

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN
HASIL TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Kurniawan

NIM : 07523170

Menyatakan bahwa seluruh komponen dan isi dalam Laporan Tugas Akhir dengan judul “**TEKNOLOGI MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING PADA JARINGAN DENGAN LAYANAN VOIP**” yang diajukan untuk diuji adalah hasil karya saya sendiri, dan menyatakan tidak mengambil sebagian atau seluruhnya dari hasil karya orang lain kecuali sebagaimana yang tertulis pada daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 7 Januari 2015

(Kurniawan)

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
TEKNOLOGI MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING
PADA JARINGAN DENGAN LAYANAN VOIP**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Kurniawan

NIM : 07523170

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta, 7 Januari 2015

Tim Penguji

Ari Sujarwo, S.Kom., MIT(Hons)

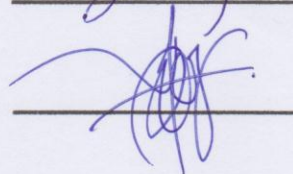
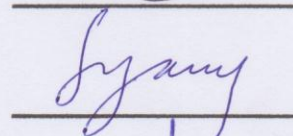
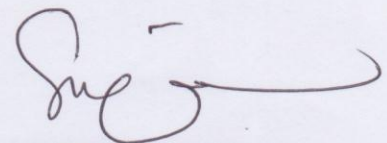
Ketua

Syarif Hidayat, S.Kom., M.I.T.

Anggota I

Beni Suranto, S.T., M.SoftEng

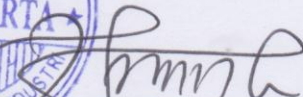
Anggota II



Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Informatika
Universitas Islam Indonesia**




Hendrik, S.T., M.Eng

PERSEMBAHAN

Ku persembahkan karyaku ini untuk ...

Ayah dan Ibu tercinta

Marzuki

&

Norma

Terima kasih untuk doa, cinta, nasihat, kasih sayang dan segalanya yang telah diberikan kepada anak satu-satunya ini.

Keluarga Besar di Balikpapan

Sahabatku tersayang

Bebeks

Keluarga besar K5G

Keluarga besar Really Sport Center

Terima kasih untuk semuanya dan semoga sukses untuk kita semua

MOTTO

“kegagalan bukan berarti kehancuran, tetapi sebagai batu loncatan menuju sukses”

(Phytagoras)

“Jangan pernah malu untuk maju, karena malu menjadikan kita takkan pernah mengetahui dan memahami segala sesuatu hal akan hidup ini”

(Anonim)

“Stop Wishing. Start Doing”

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, yang berjudul **“TEKNOLOGI MPLS PADA JARINGAN DENGAN LAYANAN VOIP”** dengan lancar dan baik. Adapun maksud dari laporan ini adalah sebagai pelengkap persyaratan guna memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika pada Universitas Islam Indonesia.

Pengantar ini ada sebagai bentuk ucapan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuannya selama penulisan laporan tugas akhir ini. Berbagai bentuk bantuan yang diberikan kepada penullis, baik secara materi maupun secara moril. Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi Rahmat dan Hidayah-Nya.
2. Rasulullah SAW manusia terbaik yang pernah diciptakan, yang dengan teladannya membimbing manusia kearah yang lebih baik.
3. Bapak Ari Sujarwo, S.Kom., MIT(Hons), selaku dosen pembimbing yang telah memberikan saran, kritik, bantuan, dan arahan selama penulis menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih atas waktu dan pikiran yang telah diberikan untuk membimbing penulis.
4. Kedua orang tua tercinta, Ayah Marzuki dan Ibu Norma yang selalu memberikan motivasi, nasihat, cinta, perhatian, dan kasih sayang serta doa tanpa henti.
5. Sahabat seperjuangan ketika tugas akhir, Agis H.M dan Fadlilla Aminullah Rosady yang selalu bersama untuk urusan tugas akhir.
6. BEBEKS (Reza, Rima, Mirza, Amelia, Erma, Deska) yang sering memberi motivasi, suruhan, ejekan agar tugas akhir ini cepat diselesaikan.

7. Bapak Giovanni yang memberi pinjaman komputer dan beberapa hardware komputer yang menjadi bagian dari suksesnya perjalanan penelitian ini, dan keluarga besar really lainnya yang secara langsung ataupun tidak langsung sangat mendukung dalam perjalanan penelitian ini.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Untuk itu Penulis mohon maaf sebesar-besarnya. Semoga hasil dari Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkan di masa sekarang dan masa yang akan datang , Aamiin Ya Rabbal Alaminn.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 7 Januari 2014

Penulis

ABSTRAK

Seiring dengan perkembangan teknologi, banyak layanan multimedia yang telah dikembangkan di internet. Salah satu dari layanan itu adalah *Voice over Internet rotocol (VoIP)*. Teknologi *VoIP* sangat menguntungkan dibandingkan dengan telepon analog, karena menggunakan jaringan IP sehingga biaya untuk melakukan panggilan menjadi lebih efisien. Masalah utama dalam *VoIP* adalah *Quality of Service (QoS)*. Beberapa usaha dilakukan untuk meningkatkan performansi *QoS*, salah satunya adalah dengan menggunakan teknologi *Multiprotocol Label Switching (MPLS)*. Teknologi *MPLS* memungkinkan paket *VoIP* berada dalam sistem dalam waktu yang lebih singkat karena teknik pelabelan yang memungkinkan proses pemeriksaan paket relatif lebih cepat.

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan topologi jaringan yang kemudian direalisasikan dengan membuat jaringan virtual menggunakan perangkat lunak Virtualbox. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performansi dan membandingkan *QoS* pada *VoIP* pada jaringan dengan *MPLS* dan tanpa *MPLS*. Pengambilan data *QoS* menggunakan perangkat lunak VQManager. Dengan teknologi *MPLS*, kualitas layanan *VoIP* dapat ditingkatkan dan dibuktikan dengan melakukan pengukuran *QoS* terhadap layanan *VoIP* tersebut dengan menggunakan parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah nilai rata-rata *delay*, *jitter* dan *packet loss* dari jaringan *MPLS* lebih unggul daripada jaringan tanpa *MPLS* dan penurunan nilai rata-rata oleh jaringan *MPLS* lebih signifikan daripada jaringan tanpa *MPLS* ketika *bandwidth* ditingkatkan.

Keywords: *VoIP, MPLS, QoS*

TAKARIR

<i>Real time</i>	: waktu nyata
<i>Server</i>	: penyedia layanan
<i>Bandwidth</i>	: lebar pita
<i>Gateway</i>	: gerbang jaringan
<i>Client</i>	: penerima layanan
<i>Router</i>	: pembuat rute
<i>Routing</i>	: membuat rute
<i>User-friendly</i>	: mudah digunakan
<i>Activity diagram</i>	: diagram aktifitas
<i>Benchmarking</i>	: Proses pengukuran
<i>Harddisk</i>	: media penyimpanan data
<i>Softphone</i>	: perangkat lunak telepon
<i>Switch</i>	: pengalih jaringan
<i>Signaling</i>	: pertukaran sinyal
<i>Codec</i>	: penyandian

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iv
PERSEMBAHAN.....	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
TAKARIR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
1.6 Metodologi Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II KAJIAN TEORI.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Quality of Service (QoS).....	7
2.2.1 Delay	7
2.2.2 Jitter.....	8
2.2.3 Packet Loss	8
2.3 Perangkat Lunak Pendukung.....	9
2.3.1 ManageEngine VQManager	9
2.3.2 Oracle VM VirtualBox.....	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Analisis Masalah	11
3.2 Skenario Pengujian.....	12
3.3 Analisis Kebutuhan	13
3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras	13
3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak.....	15
3.4 Topologi Logic	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Hasil Pengujian.....	22
4.1.1 Skenario Pengujian dengan <i>bandwidth</i> 128 Kbps.....	22
4.1.2 Skenario Pengujian Dengan <i>Bandwidth</i> 256 Kbps.....	24
4.1.3 Skenario Pengujian Dengan <i>Bandwidth</i> 512 Kbps.....	27
4.2 Analisis Perbandingan Parameter.....	29
4.2.1 Delay	29
4.2.2 Jitter.....	34
4.2.3 Packet Loss	38
4.3 Analisis Perbandingan <i>Bandwith</i> Pada Skenario Yang Sama	42
4.3.1 Skenario Jaringan Tanpa <i>MPLS</i>	42
4.3.2 Skenario Jaringan <i>MPLS</i>	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran.....	51
LAMPIRAN	
LAMPIRAN 2	

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengujian skenario jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan bandwidth 128 <i>Kbps</i>	22
Tabel 4.2 Pengujian skenario jaringan <i>MPLS</i> dengan bandwidth 128 <i>Kbps</i>	23
Tabel 4.3 Pengujian skenario jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan bandwidth 256 <i>Kbps</i>	24
Tabel 4.4 Pengujian skenario jaringan <i>MPLS</i> dengan bandwidth 256 <i>Kbps</i>	26
Tabel 4.5 Pengujian skenario jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan bandwidth 512 <i>Kbps</i>	27
Tabel 4.6 Pengujian skenario jaringan <i>MPLS</i> dengan bandwidth 512 <i>Kbps</i>	28
Tabel 4.7 Perbandingan <i>delay</i> dengan bandwidth 128 <i>Kbps</i>	30
Tabel 4.8 Perbandingan <i>delay</i> dengan bandwidth 256 <i>Kbps</i>	31
Tabel 4.9 Perbandingan <i>delay</i> dengan bandwidth 512 <i>Kbps</i>	32
Tabel 4.10 Perbandingan <i>jitter</i> dengan bandwidth 128 <i>Kbps</i>	34
Tabel 4.11 Perbandingan <i>jitter</i> dengan bandwidth 256 <i>Kbps</i>	35
Tabel 4.12 Perbandingan <i>jitter</i> dengan bandwidth 512 <i>Kbps</i>	37
Tabel 4.13 Perbandingan <i>packet loss</i> dengan bandwidth 128 <i>Kbps</i>	38
Tabel 4.14 Perbandingan <i>packet loss</i> dengan bandwidth 256 <i>Kbps</i>	39
Tabel 4.15 Perbandingan <i>packet loss</i> dengan bandwidth 512 <i>Kbps</i>	41
Tabel 4.16 Perbandingan <i>delay</i> berdasarkan bandwidth jaringan tanpa <i>MPLS</i>	42
Tabel 4.17 Perbandingan <i>jitter</i> berdasarkan bandwidth jaringan tanpa <i>MPLS</i>	43
Tabel 4.18 Perbandingan <i>packet loss</i> berdasarkan bandwidth jaringan tanpa <i>MPLS</i>	44
Tabel 4.19 Perbandingan <i>delay</i> berdasarkan bandwidth pada jaringan <i>MPLS</i>	46
Tabel 4.20 Perbandingan <i>jitter</i> berdasarkan bandwidth pada jaringan <i>MPLS</i>	47
Tabel 4.21 Perbandingan <i>packet loss</i> berdasarkan bandwidth pada jaringan <i>MPLS</i> .	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Activity diagram</i> skenario pengujian.....	13
Gambar 3.2 Skenario jaringan tanpa MPLS	16
Gambar 3.3 Skenario jaringan dengan MPLS.....	17
Gambar 4.1 Tampilan utama VQManager.....	18
Gambar 4.2 Pemantauan panggilan aktif	18
Gambar 4.3 Hasil pengujian.....	19
Gambar 4.4 Sambungan ftp.....	20
Gambar 4.5 Menjalankan ApacheBench.....	20
Gambar 4.6 Tampilan softphone Zoiper	21
Gambar 4.7 Grafik jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 128 Kbps</i>	23
Gambar 4.8 Grafik jaringan <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 128 Kbps</i>	24
Gambar 4.9 Grafik jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 256 Kbps</i>	25
Gambar 4.10 Grafik jaringan <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 256 Kbps</i>	26
Gambar 4.11 Grafik jaringan tanpa <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 512 Kbps</i>	28
Gambar 4.12 Grafik jaringan <i>MPLS</i> dengan <i>bandwidth 512 Kbps</i>	29
Gambar 4.13 Grafik perbandingan <i>delay</i> dengan <i>bandwidth 128 Kbps</i>	30
Gambar 4.14 Grafik perbandingan <i>delay</i> dengan <i>bandwidth 256 Kbps</i>	32
Gambar 4.15 Grafik perbandingan <i>delay</i> dengan <i>bandwidth 512 Kbps</i>	33
Gambar 4.16 Grafik perbandingan <i>jitter</i> dengan <i>bandwidth 128 Kbps</i>	35
Gambar 4.17 Grafik perbandingan <i>jitter</i> dengan <i>bandwidth 256 Kbps</i>	36
Gambar 4.18 Grafik perbandingan <i>jitter</i> dengan <i>bandwidth 512 Kbps</i>	37
Gambar 4.19 Grafik perbandingan packet loss dengan <i>bandwidth 128 Kbps</i>	39
Gambar 4.20 Grafik perbandingan packet loss dengan <i>bandwidth 256 Kbps</i>	40
Gambar 4.21 Grafik perbandingan packet loss dengan <i>bandwidth 512 Kbps</i>	41
Gambar 4.22 Perbandingan <i>delay</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> jaringan tanpa <i>MPLS</i>	43
Gambar 4.23 Perbandingan <i>jitter</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> jaringan tanpa <i>MPLS</i>	44

Gambar 4.24 Perbandingan <i>packet loss</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> jaringan tanpa <i>MPLS</i>	45
Gambar 4.25 Perbandingan <i>delay</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> pada jaringan <i>MPLS</i>	46
Gambar 4.26 Perbandingan <i>jitter</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> pada jaringan <i>MPLS</i>	48
Gambar 4.27 Perbandingan <i>packet loss</i> berdasarkan <i>bandwidth</i> pada jaringan <i>MPLS</i>	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi saat ini tengah mengalami perkembangan pesat. Berbagai inovasi baru teknologi telah muncul dan mengalami perubahan secara signifikan. Jaringan Internet saat ini tidak hanya terfokus pada layanan paket data dan aplikasi standar seperti *WWW (World Wide Web)*, *HTTP (Hypertext Transfer Protocol)*, *SMTP (Simple Mail Transfer Protocol)*, *FTP (File Transfer Protocol)*, atau layanan data lainnya yang bersifat *non real time* dan tidak mementingkan *QoS (Quality of Service)*, tetapi juga pada layanan yang bersifat *real time* seperti suara dan video.

VoIP (Voice over Internet Protocol) adalah salah satu dari layanan *real time* yang menggunakan protokol Internet untuk mengirimkan suara sebagai paket melalui jaringan IP. Dengan teknologi ini sinyal suara awalnya didigitalisasi, dikompresi dan diubah menjadi paket IP dan kemudian akan ditransmisikan melalui jaringan IP. Potensi untuk panggilan suara dengan biaya sangat murah atau gratis dapat terwujud (Mohammed, Ali, & Mohammed, 2013).

Transmisi *VoIP* disebarakan melalui penentuan rute yang konvensional, namun penentuan rute yang konvensional memiliki masalah besar seperti: meja besar dengan kemungkinan isi yang sangat besar, waktu pengolahan yang panjang untuk mengevaluasi rute terbaik pada setiap paket. Karena kelemahan utama dalam penentuan rute konvensional ini, jaringan *VoIP* memiliki potensi yang lebih besar dalam pemutusan panggilan dan kualitas panggilan yang umumnya rendah karena *delay* dan *packet loss* (Faisal, Uddin, & Shil, 2012).

Multiprotocol Label Switching (MPLS) merupakan teknologi pengiriman data yang melewatkan paket data dengan melekatkan label berisi informasi paket ke paket IP. Label yang dilekatkan didasarkan pada skala prioritas. Pengklasifikasian ini

menunjukkan efisiensi dalam penentuan rute di dalam jaringan *MPLS*. Sehingga dapat meningkatkan kecepatan transfer data khususnya suara. Dengan kemampuan dan cara penanganan paket data oleh *MPLS* tersebut diharapkan mampu meningkatkan kualitas layanan *VoIP*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana kinerja layanan *VoIP* pada jaringan setelah menggunakan teknologi *MPLS*.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah serta spesifikasi yang mencakup pembahasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian akan disimulasikan menggunakan *server* dan *router* yang berjalan pada aplikasi Oracle VM VirtualBox.
- b. Simulasi akan dijalankan pada skenario jaringan dengan lalu lintas data yang padat dengan cara melewatkan paket data yang lain selain paket *VoIP*.
- c. Protokol *routing* yang akan digunakan adalah *OSPF (Open Shortest Path First)*.
- d. Parameter *QoS* yang digunakan adalah *delay*, *packet loss*, dan *jitter*.
- e. Menggunakan *IPv4* sebagai pengalamatannya.
- f. Sambungan antar perangkat menggunakan *bandwidth* berukuran kecil.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan unjuk kerja dari layanan *VoIP* sebelum dan sesudah diterapkannya teknologi *MPLS* dengan parameter *delay*, *packet loss*, dan *jitter*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat di peroleh dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui kualitas layanan dalam implementasi *VoIP* pada jaringan *MPLS*.
- b. Memberikan referensi penggunaan teknologi *MPLS* dalam rangka implementasi aplikasi *VoIP* pada jaringan *MPLS*.
- c. Sebagai bahan penelitian dan rujukan lainnya dalam melakukan penelitian implementasi *VoIP* pada jaringan *MPLS* selanjutnya.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari langkah-langkah berikut :

- a. Studi literatur
Mengumpulkan dan mempelajari referensi tentang jaringan *MPLS* dan aplikasi *VoIP*.
- b. Perancangan topologi jaringan
Merancang skenario topologi jaringan yang akan dipakai untuk penelitian.
- c. Implementasi dan pengujian
Mengimplementasikan rancangan topologi jaringan menggunakan perangkat lunak *Virtualbox* dan melakukan pengujian terhadap skenario yang telah ditentukan.
- d. Analisis data
Melakukan analisis terhadap hasil dari skenario yang telah diuji dengan parameter yang telah ditentukan sebelumnya.
- e. Penarikan kesimpulan
Dari hasil analisis tersebut akan diambil kesimpulan mengenai perbandingan kinerja dari aplikasi *VoIP* pada jaringan *MPLS* dan jaringan tanpa *MPLS*.

1.7 Sistematika Penulisan.

Penulisan dari laporan tugas akhir akan disajikan menjadi beberapa bab, yang secara singkat dapat diuraikan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini akan membahas tentang landasan teori yang menguraikan tentang permasalahan yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan tentang metode yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian untuk memecahkan masalah.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil yang diperoleh setelah penelitian dilakukan, meliputi implementasi, pengujian dan hasil analisis, serta pembahasannya

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil dan pembahasan, serta saran yang dibuat berdasarkan pengalaman selama penelitian dan pertimbangan untuk kelanjutan atau pengembangan selanjutnya.

BAB II

KAJIAN TEORI

Dengan perkembangan teknologi, kini *Voice over Internet Protocol (VoIP)* memungkinkan komunikasi antara PC ke telepon dan komunikasi antar telepon dengan kualitas yang baik bahkan memiliki potensi untuk melakukan panggilan dengan biaya yang murah sehingga layanan *VoIP* mulai banyak dijual oleh operator-operator telekomunikasi di dunia. Oleh karena itu jaringan *Internet Protocol (IP)* harus didesain agar memenuhi persyaratan *delay* dan *packet loss*. *Delay* dan *packet loss* bukan hanya merupakan masalah yang berhubungan dengan kebutuhan *bandwidth*, namun juga dipengaruhi oleh stabilitas rute yang dilewati data pada jaringan, metode antrian yang efisien, pengaturan pada *router* dan penggunaan kontrol terhadap kelebihan beban data pada jaringan. Dengan menggunakan teknologi *MPLS* diharapkan dapat meningkatkan kinerja jaringan sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan *VoIP*. Pada bab ini akan dibahas mengenai penelitian sebelumnya yang akan menjadi acuan, parameter yang akan digunakan dan perangkat lunak pendukung dalam melakukan penelitian ini.

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam melengkapi penelitian ini penulis menggunakan penelitian sebelumnya sebagai acuan. Penelitian tersebut berjudul “Studi Komparasi Kinerja *VoIP* Menggunakan Protokol *SIP Over RTP* dan Protokol *IAX2*”(Farizqi, 2012), “Teknologi *Multi Protocol Label Switching (MPLS)* Untuk Meningkatkan Performa Jaringan”(Rijayana, 2005), dan “Analisa Sistem Keamanan Jaringan yang Berarsitektur *MPLS (Multi Protocol Label Switching)*”(Kurniawan, 2011).

Penelitian yang berjudul “Studi Komparasi Kinerja *VoIP* Menggunakan Protokol *SIP Over RTP* dan Protokol *IAX2*”(Farizqi, 2012) membahas tentang kinerja *VoIP* dengan menggunakan protokol *SIP over RTP* dan protokol *IAX2*. Menggunakan satu buah *router* sebagai *gateway* dan pengelola *bandwidth* yang menghubungkan 1

buah *server* dan 2 buah *client* dengan menggunakan *routing* statis dan pengalamatan *IPv4*. Parameter yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Kesimpulan yang dihasilkan oleh penelitian tersebut adalah Protokol *SIP* dan *IAX2* memiliki kualitas yang baik Meskipun demikian, protokol *IAX2* memiliki kualitas yang lebih baik dari protokol *SIP* yaitu dengan rata-rata peningkatan *throughput* sebesar 21%, *delay* sebesar 3%, dan *packet loss* sebesar 65%.

Pada penelitian dengan judul “Teknologi *Multi Protocol Label Switching (MPLS)* Untuk Meningkatkan Performa Jaringan”(Rijayana, 2005) membahas tentang cara kerja *MPLS* dan analisa paket-paket data ketika mengirimkan paket dalam jaringannya. Cara kerja *MPLS* mencakup manajemen jalur pengiriman paket, penempatan trafik, penyebaran informasi keadaan jaringan, dan manajemen jaringan.

Pada penelitian dengan judul “Analisa Sistem Keamanan Jaringan Yang Berarsitektur *MPLS (Multi Protocol Label Switching)*”(Kurniawan, 2011) membahas tentang perbandingan keamanan pada jaringan *MPLS* dan jaringan *MPLS-VPN*. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa salah satu kemampuan *MPLS* adalah membentuk tunnel yang melintasi jaringannya, kemampuan ini membuat *MPLS* dapat berfungsi sebagai platform alami untuk membangun *Virtual Private Network (VPN)*. *VPN* yang dibangun dengan *MPLS* berbeda dengan *VPN* yang dibangun berdasarkan teknologi *IP*. Karena dengan *MPLS*, *VPN* dibangun membentuk isolasi trafik yang terpisah dan tidak dapat dibocorkan ke luar lingkup *VPN* yang didefinisikan.

Perbedaan antara penelitian di atas dengan penelitian ini adalah, pada penelitian ini akan difokuskan untuk membahas unjuk kerja layanan *VoIP* pada jaringan *MPLS*, parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja aplikasi dengan menggunakan parameter *delay*, *jitter* dan *packet loss*. Ketiga penelitian di atas menjadi acuan dalam penelitian ini dalam hal parameter untuk mengukur kinerja *VoIP* dan kemampuan teknologi *MPLS* untuk meningkatkan performa jaringan sehingga kinerja aplikasi *VoIP* bisa lebih ditingkatkan.

2.2 Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) dari *VoIP* dapat diukur dengan menggunakan rekomendasi dari *International Telecommunication Union (ITU)* berdasarkan parameter yang berbeda seperti *delay*, *jitter* dan *packet loss*, parameter-parameter ini dapat diubah dan dikendalikan dalam rentang yang dapat diterima untuk meningkatkan *QoS* dari *VoIP* (Mohammed et al., 2013)

2.2.1 Delay

Sebagai aplikasi yang sensitif terhadap *delay*, paket suara tidak dapat mentolerir *delay* yang terlalu tinggi. *Delay* adalah rata-rata waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket untuk berjalan dari sumber ke tujuan paket tersebut. Orang yang berbicara pada telepon disebut sumber, dan tujuannya adalah orang yang mendengarkan telepon di ujung lainnya. Hal tersebut disebut *delay* satu arah. Idealnya adalah harus menjaga *delay* serendah mungkin. Ketika terlalu banyak trafik di jaringan atau paket suara terhambat di belakang kumpulan paket lain (seperti lampiran email), paket suara akan terlambat sehingga dapat membahayakan kualitas panggilan (Mohammed et al., 2013).

Rekomendasi *ITU* untuk batasan *delay* satu arah adalah sebagai berikut:

- a. Di bawah 150 milidetik: *delay* ini masih dapat diterima
- b. 150 s/d 400 milidetik: dapat diterima dengan catatan administrator jaringan menyadari dampak dari waktu tersebut terhadap kualitas transmisi.
- c. Di atas 400 milidetik: tidak dapat diterima untuk layanan *VoIP*.

Persamaan 1 menunjukkan perhitungan dari *delay* dimana rata-rata *delay* (D) sama dengan jumlah seluruh *delay* (d_i), dibagi dengan jumlah seluruh pengukuran (N).

$$D = \sum_{i=1}^N d_i / N \quad (1)$$

Salah satu hambatan terbesar untuk mengamankan *VoIP* dengan baik adalah mampu mengimplementasikan solusi keamanan dengan *delay* yang minimal untuk memastikan bahwa *QoS* memenuhi standar yang ditetapkan oleh organisasi. Keamanan sering dikorbankan untuk kualitas yang lebih baik (Tucker, 2005). Karena semakin banyak proses yang harus dilakukan kepada sebuah paket akan berpengaruh terhadap *delay* paket tersebut. Untuk persoalan keamanan, proses yang berdampak secara signifikan terhadap *delay* yaitu pada proses encoding dan decoding dimana kompleksitas algoritma dan besar kunci dari enkripsi akan berpengaruh.

2.2.2 Jitter

Jitter merupakan variasi *delay* yang terjadi akibat adanya selisih waktu atau interval antar kedatangan paket di penerima. Agar suara dapat dimengerti dengan jelas, paket suara harus tiba dengan jarak waktu yang teratur. *Jitter* menggambarkan tingkat fluktuasi pada akses paket, yang dapat disebabkan oleh trafik yang tinggi pada jaringan. Paket suara hanya dapat mentolerir sekitar 75 milidetik *jitter*. Tetapi disarankan nilai *jitter* hanya sampai 40 milidetik (Mohammed et al., 2013). Persamaan 2 menunjukkan perhitungan dari *jitter* (J). Apabila semua nilai *delay* (d_i) adalah sama, maka $D=d_i$ dan $J=0$, dengan kata lain tidak ada *jitter* yang terjadi

$$J = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (d_i - D)^2} \quad (2)$$

2.2.3 Packet Loss

Packet loss adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan paket yang tidak tiba di tempat tujuan yang terjadi ketika sebuah perangkat (router, *switch* dan link) kelebihan beban dan tidak dapat menerima data yang masuk pada saat tertentu. Paket akan dibuang selama kongesti jaringan berlangsung. Trafik suara dapat mentolerir kurang dari 3% paket data yang hilang (1% adalah batas optimal) sebelum penelepon merasakan kesenjangan dalam percakapannya (Mohammed et al., 2013). Persamaan 3 menunjukkan perhitungan persentase *packet loss* dan dapat diartikan

sebagai perbandingan dari jumlah paket yang hilang dengan total paket yang dikirimkan dimana N adalah jumlah paket yang dikirimkan pada periode waktu tertentu, dan NL adalah jumlah paket yang hilang pada periode waktu yang sama.

$$Loss\ packets\ ratio = \left(\frac{NL}{N}\right) \times 100\% \quad (3)$$

2.3 Perangkat Lunak Pendukung

Dalam menjalankan penelitian ini penulis akan menggunakan beberapa perangkat lunak yang akan membantu penulis dalam memperoleh hasil penelitian. Perangkat lunak tersebut adalah ManageEngine VQManager yang berfungsi sebagai alat pemantau QoS jaringan VoIP dan Oracle VM VirtualBox yang berfungsi sebagai mesin virtual yang menjadi tempat memasang *server* beserta *router-router* yang akan dipakai.

2.3.1 ManageEngine VQManager

VQManager adalah sebuah perangkat lunak yang berfungsi untuk melakukan pemantauan *QoS* jaringan *VoIP* secara *real time* tanpa henti setiap saat. Perangkat lunak ini memungkinkan administrator IT untuk memantau jaringan *VoIP* mereka. Perangkat lunak ini memiliki tampilan berbasis web yang *user-friendly*, disediakan untuk melakukan pemantauan terhadap kualitas suara, lalu lintas panggilan, pemanfaatan bandwidth dan pemantauan terhadap panggilan aktif, panggilan yang telah gagal maupun panggilan yang telah berakhir. Dengan menggunakan perangkat lunak VQManager, penulis akan melakukan pemantauan terhadap nilai QoS dengan parameter delay, jitter dan packetloss pada tiap panggilan.

2.3.2 Oracle VM VirtualBox

Oracle VM VirtualBox adalah salah satu produk perangkat lunak yang saat ini dikembangkan oleh Oracle. Sebuah perangkat lunak yang memungkinkan untuk menjalankan sistem operasi tambahan di dalam sistem operasi yang telah ada. Perangkat lunak ini dapat berjalan pada sistem operasi yang telah umum digunakan saat ini seperti sistem operasi Windows, Mac OS X, Linux, Solaris dan OpenSolaris.

Selain melakukan virtualisasi terhadap sistem operasi, VirtualBox juga dapat digunakan untuk membuat virtualisasi jaringan computer sederhana. Dengan menggunakan perangkat lunak seperti VirtualBox, penulis akan sangat terbantu dalam melakukan uji coba dan simulasi jaringan tanpa perlu menggunakan perangkat tambahan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Analisis Masalah

Layanan *real time* yang dapat mengirimkan suara dalam bentuk paket pada jaringan IP atau yang biasa disebut dengan *Voice over Internet Protocol (VoIP)* memiliki potensi untuk melakukan panggilan suara dengan biaya yang sangat murah bahkan gratis. Penyebaran transmisi *VoIP* dengan menggunakan cara penentuan rute konvensional merupakan masalah tersendiri bagi layanan *real time* seperti *VoIP*. Pada penentuan rute ini semua paket layanan akan berkumpul, dievaluasi untuk menentukan rute terbaik pengiriman tanpa melihat apakah paket tersebut merupakan paket yang sensitif terhadap waktu atau tidak. Kondisi penentuan rute paket tanpa melihat apakah paket tersebut merupakan paket yang sensitif terhadap waktu atau tidak sangat mempengaruhi kualitas layanan *VoIP*.

Sebuah survey ketika menggunakan *VoIP*, parameter yang diperoleh setelah melakukan pengamatan terhadap trafik jaringan selama 4 jam dan bukan pada waktu sibuk rata-rata hasilnya adalah (Nlend, 2014):

- Panggilan dijawab: 44 %
- Durasi komunikasi : 2.2 menit
- Durasi pasca panggilan : 15 detik

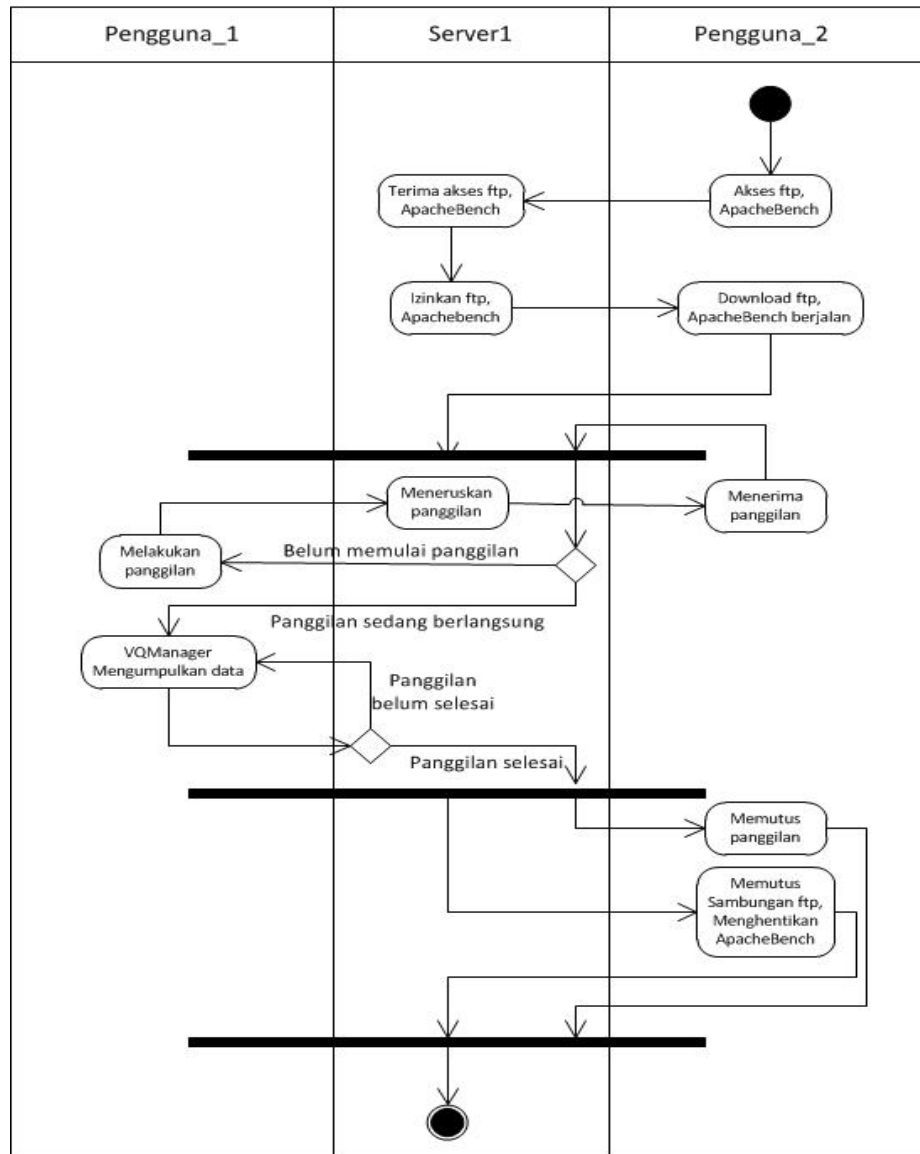
Nilai-nilai yang rendah ini disebabkan oleh kekurangan-kekurangan yang masih dihadapi oleh jaringan, nilai-nilai yang rendah tersebut pada dasarnya disebabkan oleh tingginya nilai *packet loss*, *jitter* dan *delay* (Nlend, 2014).

Teknologi *Multiprotocol Label Switching (MPLS)* memiliki metode tersendiri dalam melakukan pengiriman paket, yaitu dengan cara melekatkan label yang berisi informasi tentang skala prioritas. Pengklasifikasian ini menunjukkan efisiensi dalam penentuan rute di dalam jaringan *MPLS*. Sehingga dapat meningkatkan kecepatan transfer data suara, dengan kata lain meningkatkan kualitas layanan *VoIP*.

3.2 Skenario Pengujian

Pada penelitian ini penulis akan melakukan pengujian dengan menggunakan dua buah skenario yang berbeda, yaitu skenario jaringan dengan menggunakan teknologi *MPLS* dan skenario jaringan tanpa menggunakan teknologi *MPLS*. Tiap skenario akan dilakukan tiga kali pengujian dengan menggunakan *bandwidth* yang berbeda yaitu 128 *Kbps*, 256 *Kbps* dan 512 *Kbps*, dan pada tiap *bandwidth* akan dilakukan sepuluh kali pengujian. Kualitas kinerja layanan *VoIP* akan diukur dan dibandingkan pada skenario-skenario tersebut. Bentuk topologi jaringan untuk simulasi digambarkan pada sub bab 3.4. Ketiga jenis *bandwidth* dipilih untuk mengukur keoptimalan *MPLS* pada jaringan ketika *bandwidth* diubah. *Bandwidth* 128 *Kbps* menjadi ukuran *bandwidth* minimum karena berdasarkan halaman website www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html yang diakses pada tanggal 12 januari 2015, menjelaskan bahwa konsumsi *bandwidth* *VoIP* dengan codec G.711 adalah 87,2 *Kbps* (Cisco Systems, 2006).

Gambar 3.1 menunjukkan *activity diagram* dalam melakukan skenario pengujian. Kedua skenario akan melakukan alur yang sama, perbedaan hanya terletak pada konfigurasi *router-router* ketika fitur *MPLS* diaktifkan atau tidak. *Server* dan *router-router* akan dipasang pada mesin virtual yang terpasang pada perangkat lunak VirtualBox. Perangkat pengguna_1 dan pengguna_2 akan memiliki mesin masing-masing yang bukan mesin virtual. Perangkat lunak VQManager yang menjadi alat pemantau *Quality of Service (QoS)* jaringan *VoIP* akan terpasang pada perangkat pengguna_1. Pada perangkat pengguna_2 akan terpasang aplikasi untuk membebani jaringan dengan aplikasi untuk melakukan *web server benchmarking*, perangkat ini juga akan menjadi *ftp client* yang akan melakukan permintaan pengiriman data dari *server*. *File Transfer Protocol (ftp) server* dan *hypertext transfer protocol (http) server* juga akan dipasang pada *server* untuk melayani permintaan yang akan diajukan oleh perangkat pengguna_2 untuk memenuhi beban jaringan dalam penelitian ini. Konfigurasi *router-router* pada penelitian ini akan terlampir pada akhir penelitian.



Gambar 3.1 Activity diagram skenario pengujian

3.3 Analisis Kebutuhan

Berikut adalah perangkat yang dibutuhkan dalam menjalankan simulasi.

3.3.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Dalam mendukung penelitian, aplikasi VirtualBox dan VQManager harus berjalan dengan baik tanpa mengalami kendala seperti kekurangan sumber daya. Oleh sebab itu terdapat kebutuhan minimum yang harus dipenuhi oleh komputer.

VirtualBox dapat dijalankan pada komputer dengan menggunakan prosessor dari Intel maupun AMD. Persyaratan *memory* bervariasi, bergantung pada sistem operasi virtual yang dijalankan. Sistem operasi virtual memiliki persyaratan minimal 512 MB (kemungkinan meminta lebih tergantung pada sistem operasi yang akan dijalankan), jumlah tersebut harus dijumlahkan dengan jumlah *memory* yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem operasi utama. Minimal terdapat 30 MB ruang kosong pada *harddisk* untuk menyimpan file sistem dari VirtualBox. Penambahan ruang kosong pada *harddisk* diperlukan untuk menyimpan file sistem dari sistem operasi virtual.

VQManager dapat dijalankan pada komputer yang menggunakan prosessor minimal Intel Pentium IV 1.8 GHz atau yang setara. 1 GB *memory* adalah kebutuhan minimal agar VQManager dapat berjalan lancar. Minimal terdapat ruang kosong sebesar 2GB pada *harddisk* untuk menyimpan file sistem dari VQManager. Monitor dengan resolusi 1024x768 adalah syarat minimal yang harus dipenuhi.

Komputer yang digunakan untuk menjalankan VirtualBox dan mesin-mesin virtual di dalamnya pada penelitian ini memakai prosessor Intel Core i5 2.8GHz dengan *memory* 4GB, monitor dengan resolusi 1366x768 dan ruang kosong lebih dari 500GB pada *harddisk*.

Komputer yang akan digunakan untuk menjalankan perangkat lunak VQManager pada perangkat pengguna_1 memiliki spesifikasi prosessor Intel Core i3 2.13GHz dengan *memory* 4GB, monitor dengan resolusi 1366x768 dan ruang kosong lebih dari 200GB pada *harddisk*.

Perangkat pengguna_2 memakai prosessor Intel Core 2 Duo 2.2GHz dengan *memory* 2GB, sistem operasi Mac OS X Lion 10.7.5 dan monitor dengan resolusi 1280x800. Penelitian ini juga akan menggunakan sebuah Fast Ethernet Switch 8 port untuk menghubungkan perangkat pengguna_1 dan pengguna_2 ke dalam jaringan.

3.3.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

VirtualBox dapat dijalankan pada berbagai macam sistem operasi, Windows XP dan versi-versi Windows setelahnya mendukung untuk menjalankan perangkat lunak VirtualBox, berbagai macam distro Linux juga sudah didukung oleh VirtualBox. VirtualBox juga dapat berjalan pada sistem operasi Mac OSX, Solaris dan OpenSolaris. VQManager dapat berjalan pada sistem operasi Windows minimal Windows 2000. VQManager juga akan berjalan dengan lancar pada sistem operasi Red Hat Enterprise Linux 4.4, Mandriva 2006, Debian 4.0, Ubuntu 5.10, CentOS 5, Suse Linux 10 dan Fedora Core 4.

Komputer yang akan dipakai untuk menjalankan perangkat lunak VirtualBox pada penelitian ini memakai sistem operasi Windows 7 Ultimate. Komputer yang akan menjalankan VQManager memakai sistem operasi Windows 7 Home Premium.

Dalam melakukan panggilan akan dibutuhkan perangkat lunak *softphone*. Perangkat lunak yang akan dipakai adalah X-Lite yang akan terpasang pada perangkat pengguna_1 dan Zoiper yang akan terpasang pada perangkat pengguna_2.

Dalam melakukan pemenuhan jaringan, perangkat_2 akan terpasang aplikasi Web Server Benchmarking yang bernama ApacheBench yang akan melakukan permintaan kepada server.

3.4 Topologi Logic

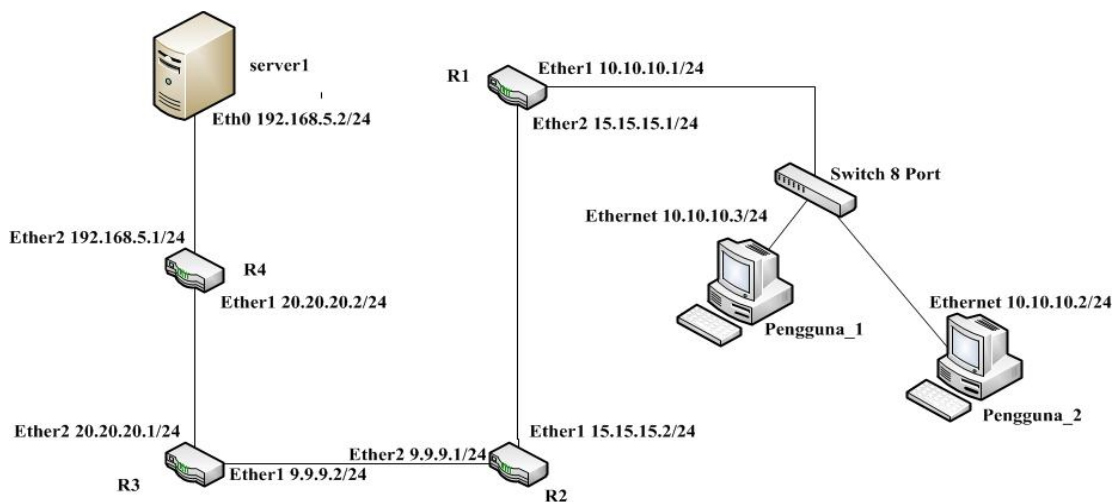
Gambar 3.2 menunjukkan desain simulasi jaringan yang akan dijalankan pada penelitian ini. Menggunakan 4 *router*, 1 *switch*, 2 perangkat pengguna yang akan melakukan sambungan *VoIP* dan 1 buah *server*. Sambungan antar *router* akan dibatasi sesuai dengan skenario pengujian yaitu tiga kali berganti dengan bandwidth berbeda pada tiap pengujian dan sambungan dengan bandwidth 100 *Mbps* untuk perangkat yang berhubungan dengan *switch*. Semua *router* akan menggunakan routing *OSPF*. Pada simulasi ini perangkat pengguna_1 akan melakukan panggilan kepada perangkat pengguna_2. Untuk membebani jaringan, perangkat pengguna_2 juga akan menjalankan aplikasi ApacheBench dan melakukan transaksi ftp dengan perangkat server1. Protokol *signaling VoIP* yang akan digunakan dalam penelitian ini

adalah SIP dan *codec* yang akan digunakan untuk kompresi dan dekompresi suara adalah G.711.

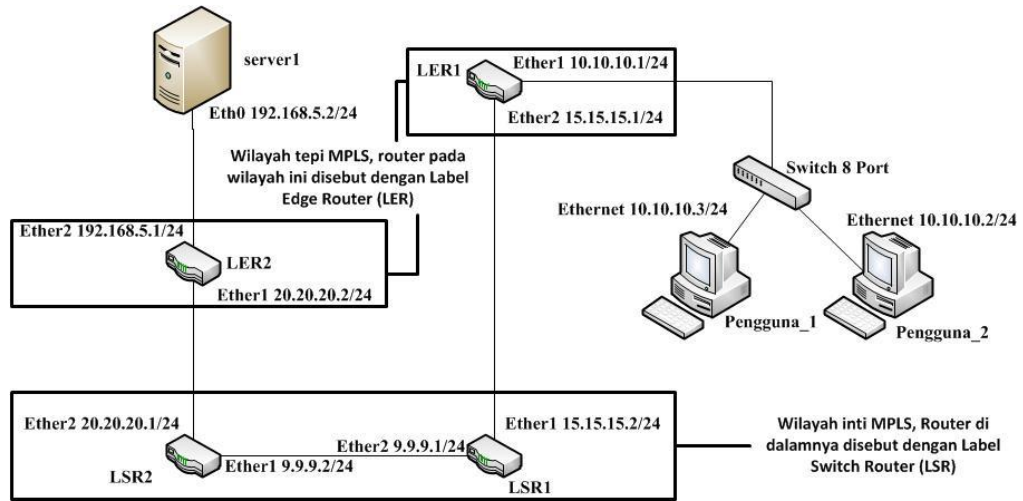
Gambar 3.3 menunjukkan desain simulasi jaringan dengan menggunakan teknologi *MPLS* menggunakan *router*, *switch* dan perangkat dengan jumlah yang sama dengan skenario sebelumnya. Semua *router* terletak pada wilayah *MPLS*, wilayah *MPLS* dibagi menjadi 2 yaitu wilayah inti dari *MPLS* dan wilayah tepi dari *MPLS*.

LER1 dan LER2 merupakan bagian dari wilayah tepi *MPLS* disebut dengan *Label Edge Router (LER)* router yang berhubungan langsung dengan jaringan luar *MPLS*, router ini bertanggung jawab untuk melekatkan dan melepas label pada paket yang lewat. *LER* yang dilewati oleh paket untuk masuk ke dalam wilayah *MPLS* disebut *Ingress* sedangkan *LER* yang dilewati oleh paket untuk keluar dari wilayah *MPLS* disebut *Egress*.

LSR1 dan LSR2 merupakan bagian dari wilayah inti *MPLS*, *router-router* inilah yang akan dilewati oleh paket-paket data yang telah diberi label. Pada *router-router* ini label akan diperiksa dan dilepaskan kemudian diganti dengan label yang baru untuk dikirimkan ke *router* selanjutnya sampai akhirnya label akan dilepaskan oleh *LER*.



Gambar 3.2 Skenario jaringan tanpa *MPLS*

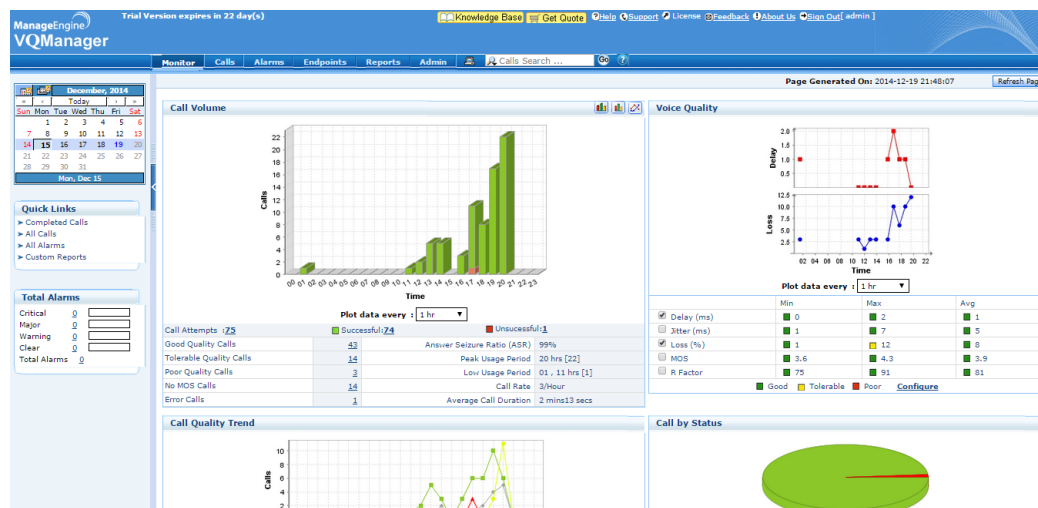


Gambar 3.3 Skenario jaringan dengan MPLS

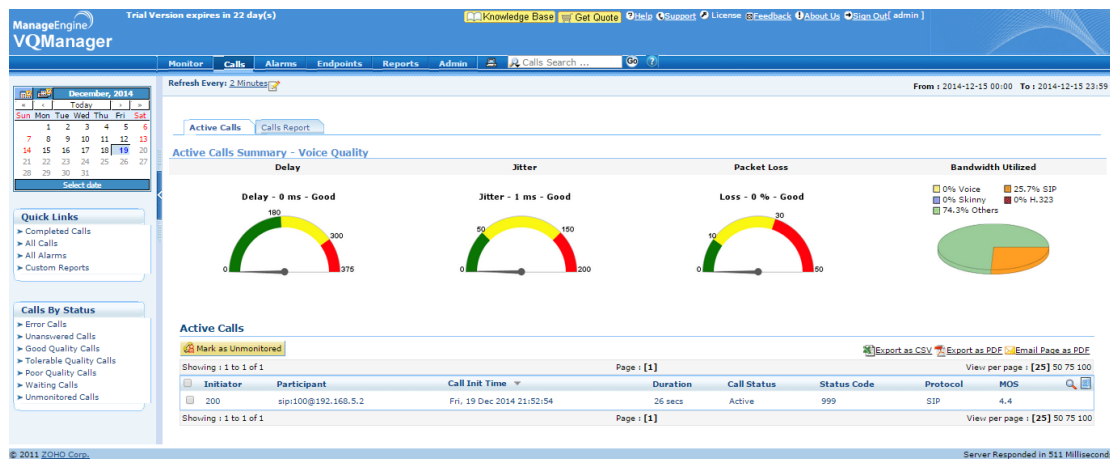
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penulis akan memperlihatkan beberapa tampilan pada saat melakukan pengujian panggilan, dari tampilan perangkat lunak VQManager, tampilan pada saat melakukan transfer file menggunakan *ftp* dan penggunaan aplikasi ApacheBench.



Gambar 4.1 Tampilan utama VQManager



Gambar 4.2 Pemantauan panggilan aktif



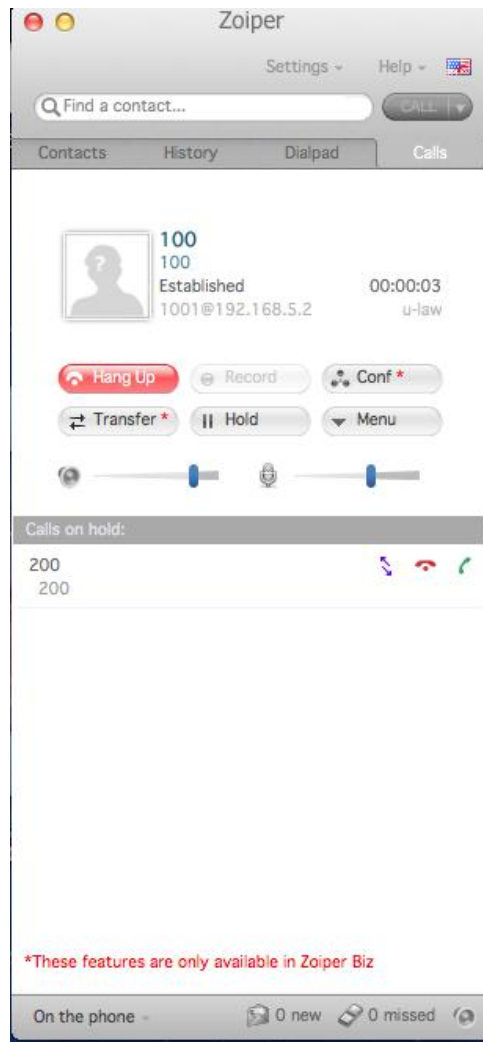
Gambar 4.3 Hasil pengujian

Gambar 4.1 menunjukkan tampilan halaman utama dari VQManager, terlihat pada halaman tersebut, rekaman data dalam sehari, mulai dari jumlah panggilan, *delay*, *jitter* dan informasi penting lainnya secara menyeluruh.

Gambar 4.2 menunjukkan tampilan halaman dari menu calls, pada halaman ini peneliti dapat melakukan pemantauan berdasarkan parameter terhadap panggilan yang sedang berlangsung.

Gambar 4.3 menunjukkan ringkasan panggilan yang telah terjadi, pada halaman ini penulis mengumpulkan data nilai dari *jitter*, *delay* dan *packet loss* dari tiap panggilan.

Gambar 4.5 menunjukkan tampilan pada saat penulis melakukan perintah menggunakan ApacheBench, fungsi ApacheBench dalam penelitian ini sama seperti transfer file pada *ftp*, yaitu melakukan pembebanan terhadap jaringan. Gambar 4.6 merupakan tampilan dari *softphone* yang dipakai pada penelitian ini. Terlihat pada gambar tersebut, perangkat lunak Zoiper sedang melakukan panggilan.



Gambar 4.6 Tampilan softphone Zoiper

Setelah melakukan pengujian terhadap aplikasi *VoIP (Voice over Internet Protocol)* berdasarkan skenario pengujian yang telah direncanakan pada bab sebelumnya, penulis akan menampilkan hasil pengujian yang didapatkan dan melakukan analisis terhadap hasil pengujian tersebut.

4.1 Hasil Pengujian

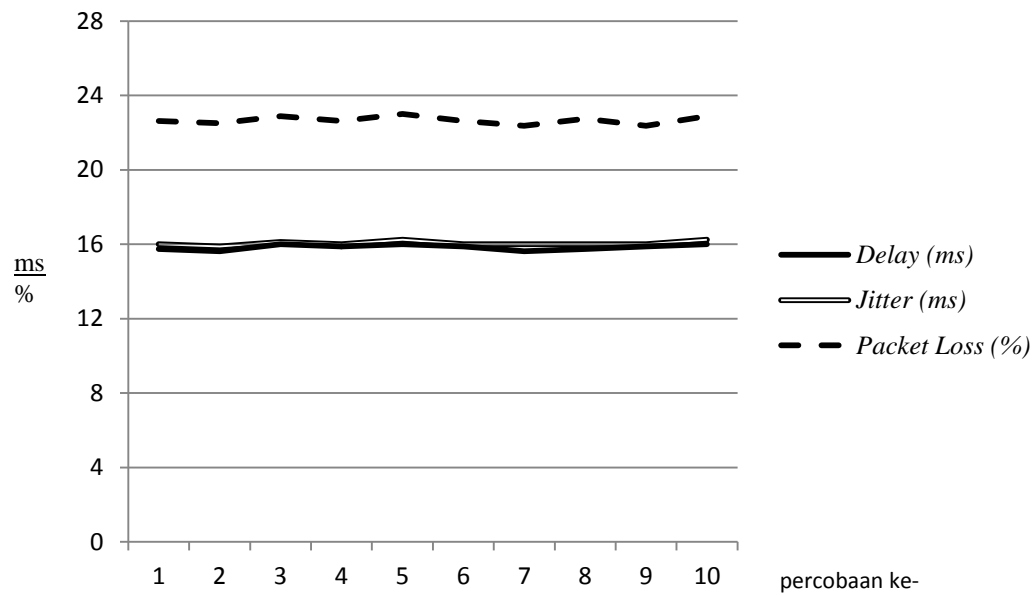
4.1.1 Skenario Pengujian dengan *bandwidth* 128 Kbps

a. Skenario Jaringan Tanpa *MPLS*

Hasil pengujian skenario jaringan tanpa *MPLS* dengan batasan *bandwidth* 128 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7.

Tabel 4.1 Pengujian skenario jaringan tanpa *MPLS* dengan bandwidth 128 Kbps.

Percobaan ke-	<i>Rata-rata Delay</i> (ms)	<i>Rata-rata Jitter</i> (ms)	<i>Rata-rata Packet loss</i> (%)
1	15.75	16	22.625
2	15.625	15.875	22.5
3	16	16.125	22.875
4	15.875	16	22.625
5	16	16.25	23
6	15.875	16	22.625
7	15.625	16	22.375
8	15.75	16	22.75
9	15.875	16	22.375
10	16	16.25	22.875



Gambar 4.7 Grafik jaringan tanpa *MPLS* dengan bandwidth 128 *Kbps*.

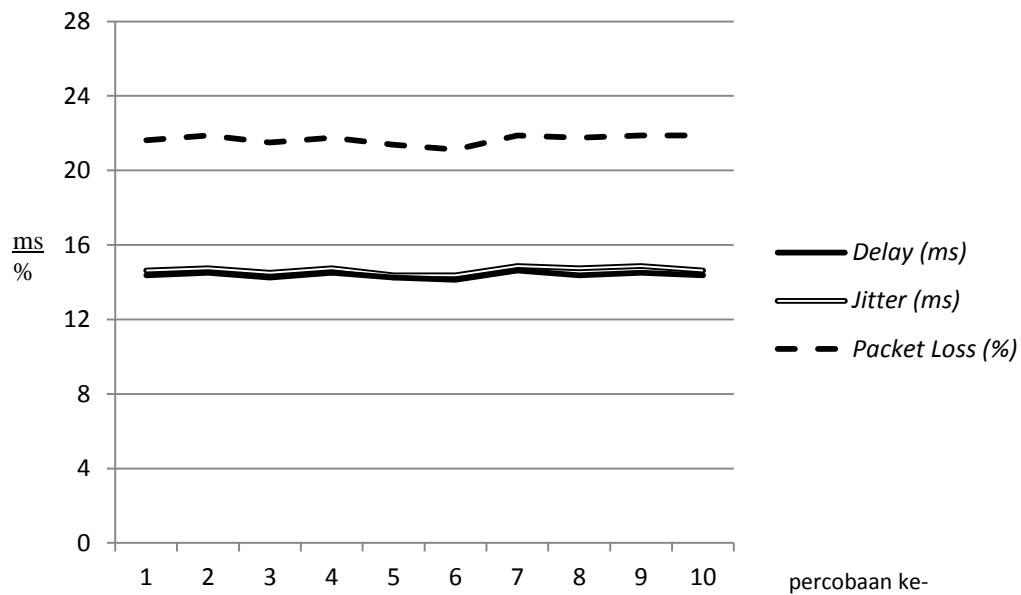
b. Skenario jaringan dengan *MPLS*

Hasil pengujian skenario jaringan dengan *MPLS* dengan batasan *bandwidth* 128 *Kbps* dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Tabel 4.2 Pengujian skenario jaringan *MPLS* dengan *bandwidth* 128 *Kbps*.

Percobaan ke-	Rata-rata Delay (ms)	Rata-rata Jitter (ms)	Rata-rata Packet loss (%)
1	14.375	14.625	21.625
2	14.5	14.75	21.875
3	14.25	14.5	21.5
4	14.5	14.75	21.5
5	14.25	14.375	21.375
6	14.125	14.375	21.125
7	14.625	14.875	21.875
8	14.375	14.75	21.75

9	14.5	14.875	21.875
10	14.375	14.625	21.875



Gambar 4.8 Grafik jaringan MPLS dengan *bandwidth* 128 Kbps.

4.1.2 Skenario Pengujian Dengan *Bandwidth* 256 Kbps

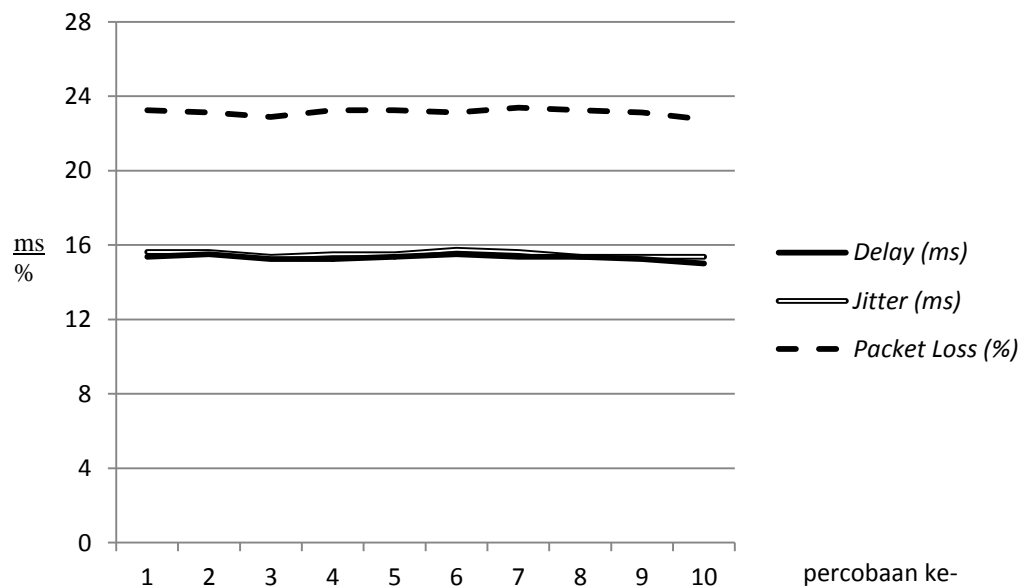
a. Skenario Jaringan Tanpa MPLS

Hasil pengujian skenario jaringan tanpa MPLS dengan batasan *bandwidth* 256 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.9.

Tabel 4.3 Pengujian skenario jaringan tanpa MPLS dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Percobaan ke-	Rata-rata Delay (ms)	Rata-rata Jitter (ms)	Rata-rata Packet loss (%)
1	15.375	15.625	23.25
2	15.5	15.625	23.125
3	15.25	15.375	22.875

4	15.25	15.5	23.25
5	15.375	15.5	23.25
6	15.5	15.75	23.125
7	15.375	15.625	23.375
8	15.375	15.375	23.25
9	15.25	15.375	23.125
10	15	15.375	22.75



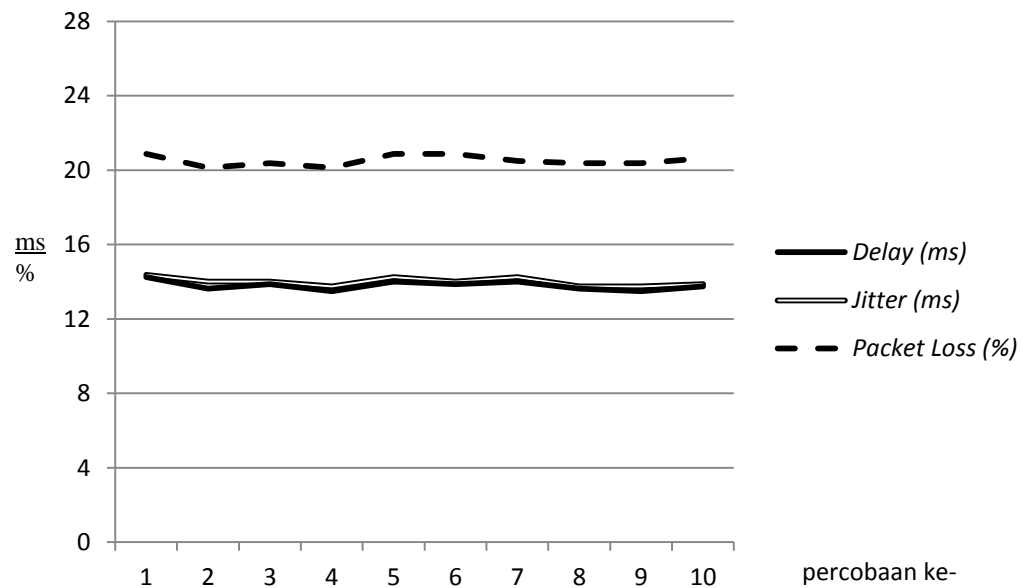
Gambar 4.9 Grafik jaringan tanpa MPLS dengan *bandwidth* 256 Kbps.

b. Skenario jaringan dengan *MPLS*

Hasil pengujian skenario jaringan dengan *MPLS* dengan batasan *bandwidth* 256 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Tabel 4.4 Pengujian skenario jaringan *MPLS* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Percobaan ke-	<i>Rata-rata Delay</i> (ms)	<i>Rata-rata Jitter</i> (ms)	<i>Rata-rata Packet loss</i> (%)
1	14.25	14.375	20.875
2	13.625	14	20.125
3	13.875	14	20.375
4	13.5	13.75	20.125
5	14	14.25	20.875
6	13.875	14	20.875
7	14	14.25	20.5
8	13.625	13.75	20.375
9	13.5	13.75	20.375
10	13.75	13.875	20.625

**Gambar 4.10** Grafik jaringan *MPLS* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

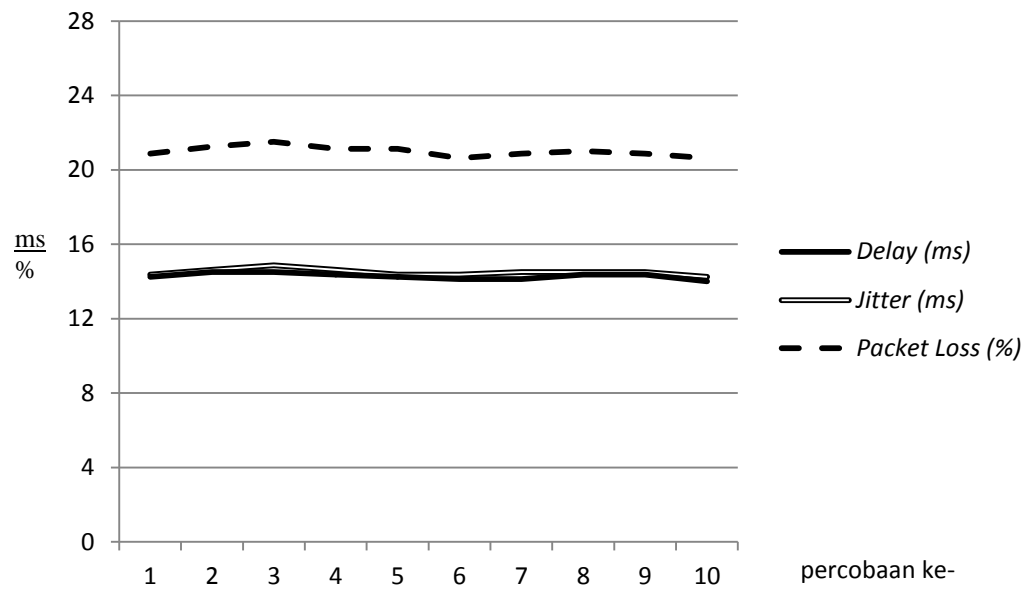
4.1.3 Skenario Pengujian Dengan *Bandwidth* 512 Kbps.

a. Skenario Jaringan Tanpa *MPLS*

Hasil pengujian skenario jaringan tanpa *MPLS* dengan batasan *bandwidth* 512 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.11.

Tabel 4.5 Pengujian skenario jaringan tanpa *MPLS* dengan *bandwidth* 512 Kbps.

Percobaan ke-	<i>Rata-rata Delay</i> (ms)	<i>Rata-rata Jitter</i> (ms)	<i>Rata-rata Packet loss</i> (%)
1	14.25	14.375	20.875
2	14.5	14.625	21.25
3	14.5	14.875	21.5
4	14.375	14.625	21.125
5	14.25	14.375	21.125
6	14.125	14.375	20.625
7	14.125	14.5	20.875
8	14.375	14.5	21
9	14.375	14.5	20.875
10	14	14.25	20.625



Gambar 4.11 Grafik jaringan tanpa MPLS dengan bandwidth 512 Kbps.

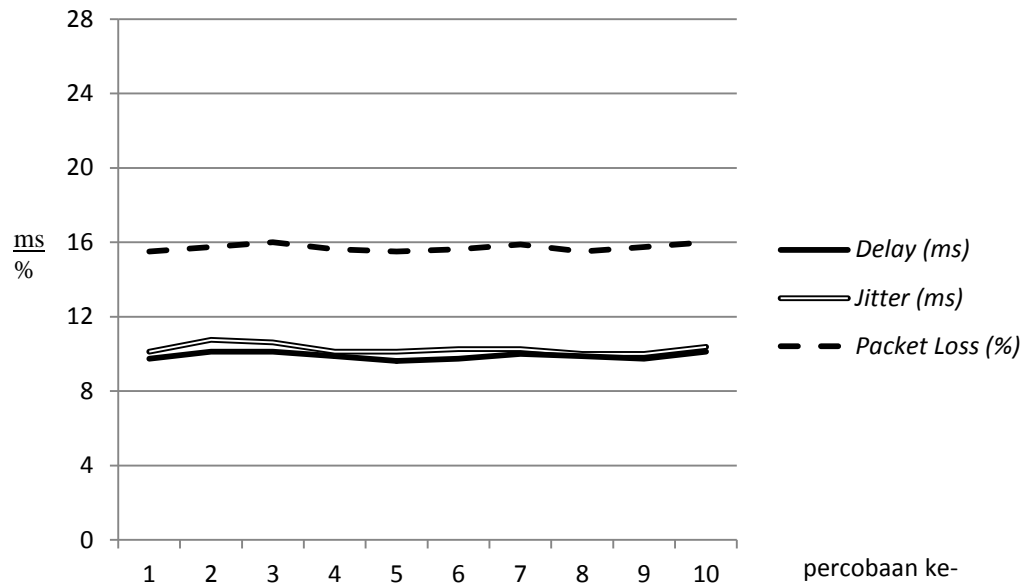
b. Skenario Jaringan Dengan MPLS

Hasil pengujian skenario jaringan dengan MPLS dengan batasan bandwidth 512 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Tabel 4.6 Pengujian skenario jaringan MPLS dengan bandwidth 512 Kbps.

Percobaan ke-	Rata-rata Delay (ms)	Rata-rata Jitter (ms)	Rata-rata Packet loss (%)
1	9.75	10.125	15.5
2	10.125	10.75	15.75
3	10.125	10.625	16
4	9.875	10.125	15.625
5	9.625	10.125	15.5
6	9.75	10.25	15.625
7	10	10.25	15.875

8	9.875	10	15.5
9	9.75	10	15.75
10	10.125	10.375	16



Gambar 4.12 Grafik jaringan MPLS dengan *bandwidth* 512 Kbps.

4.2 Analisis Perbandingan Parameter

Dengan hasil yang telah digambarkan oleh tabel-tabel dan grafik-grafik di atas, dapat dilakukan analisis perbandingan dengan menggunakan parameter *delay*, *jitter* dan *packet loss*.

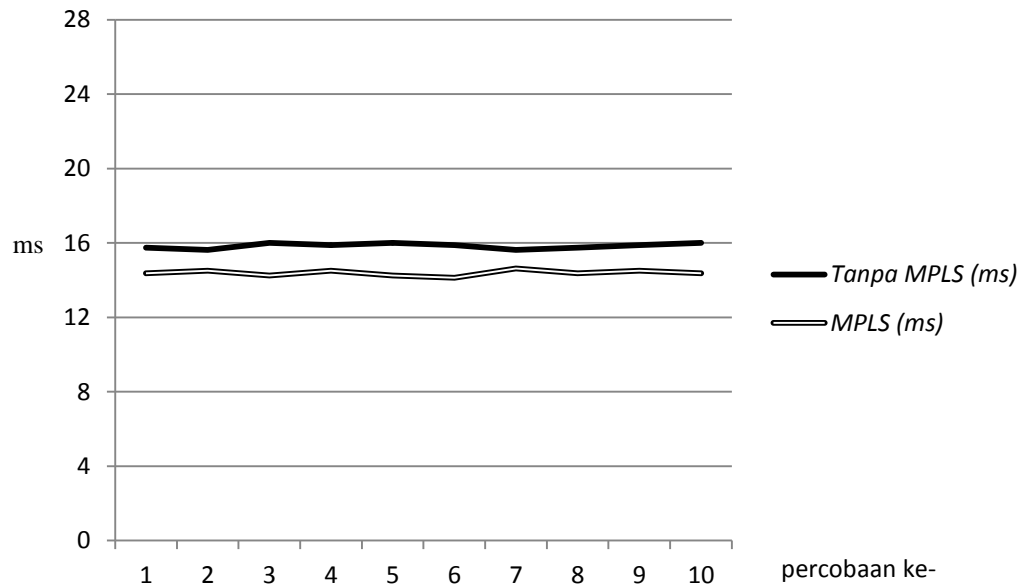
4.2.1 Delay

a. Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 128 Kbps

Perbandingan *delay* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 128 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.13.

Tabel 4.7 Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 128 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	15.75	14.375
2	15.625	14.5
3	16	14.25
4	15.875	14.5
5	16	14.25
6	15.875	14.125
7	15.625	14.625
8	15.75	14.375
9	15.875	14.5
10	16	14.375

**Gambar 4.13** Grafik perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 128 Kbps.

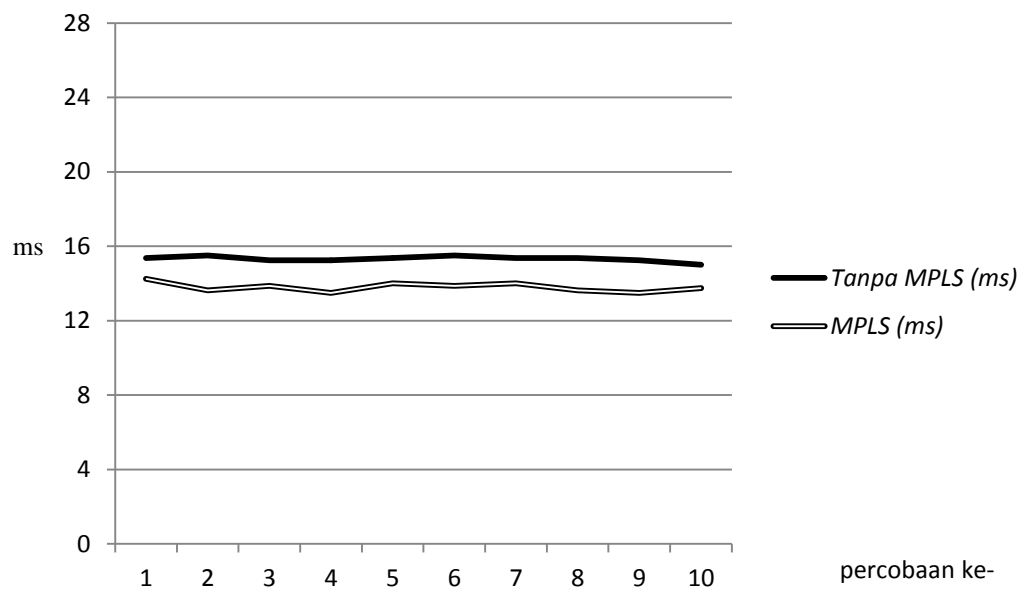
Berdasarkan Tabel 4.7, rata-rata delay pada simulasi jaringan tanpa MPLS adalah 15,8375 ms, sedangkan rata-rata delay pada simulasi jaringan MPLS adalah 14,3875 ms. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan MPLS dalam memproses paket paket data VoIP 9,16% lebih baik daripada jaringan tanpa MPLS.

b. Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 256 Kbps

Perbandingan *delay* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 256 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.14.

Tabel 4.8 Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	15.375	14.25
2	15.5	13.625
3	15.25	13.875
4	15.25	13.5
5	15.375	14
6	15.5	13.875
7	15.375	14
8	15.375	13.625
9	15.25	13.5
10	15	13.75



Gambar 4.14 Grafik perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.8, simulasi jaringan tanpa MPLS memiliki rata-rata delay sebesar 15,325 ms, sedangkan simulasi jaringan dengan menggunakan MPLS memiliki rata-rata sebesar 13,8 ms. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata delay nilainya sedikit lebih kecil di bandingkan pada simulasi dengan bandwidth 128 Kbps. Tetapi jaringan dengan menggunakan teknologi MPLS masih lebih unggul dibandingkan dengan jaringan tanpa MPLS dengan perbedaan sekitar 9,95%.

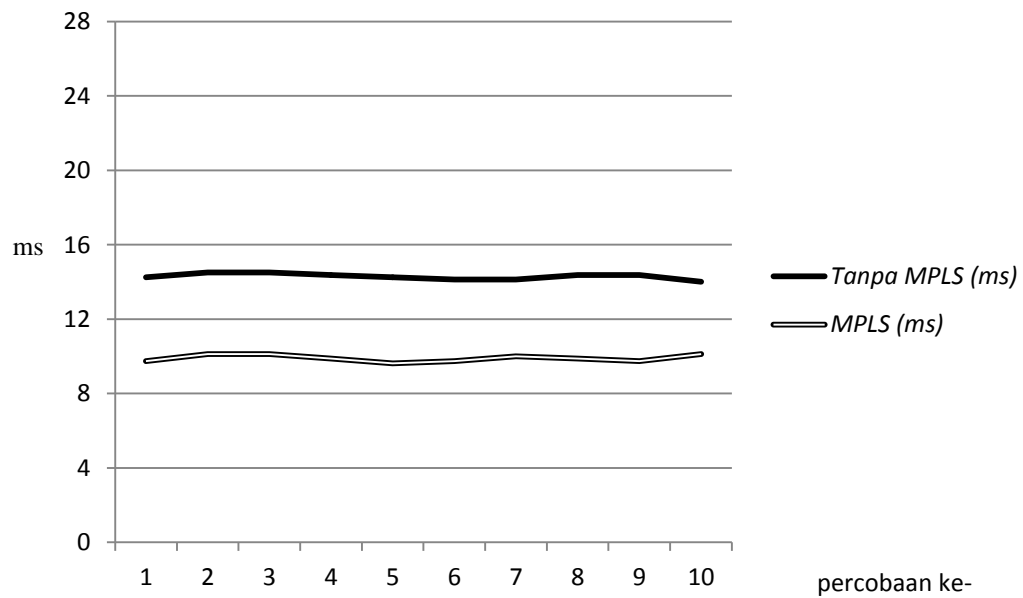
c. Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 512 Kbps

Perbandingan *delay* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 512 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.15.

Tabel 4.9 Perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 512 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	14.25	9.75
2	14.5	10.125

3	14.5	10.125
4	14.375	9.875
5	14.25	9.625
6	14.125	9.75
7	14.125	10
8	14.375	9.875
9	14.375	9.75
10	14	10.125



Gambar 4.15 Grafik perbandingan *delay* dengan *bandwidth* 512 *Kbps*.

Penurunan rata-rata nilai *delay* dari *bandwidth* 256 *Kbps* ke 512 *Kbps* lebih banyak daripada penurunan rata-rata nilai *delay* dari 128 *Kbps* ke 256 *Kbps*, meskipun demikian penurunan rata-rata nilai *delay* jaringan MPLS jauh lebih besar daripada jaringan tanpa MPLS. Dibuktikan dengan perbedaan rata-rata nilai *delay* sebesar 30.7% dengan keunggulan jaringan MPLS.

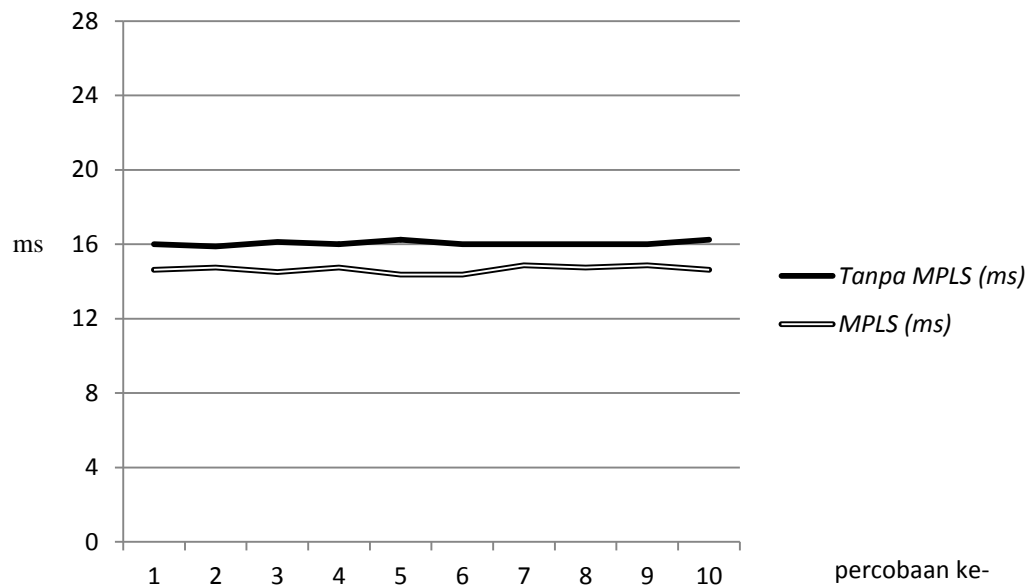
4.2.2 Jitter

a. Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 128 Kbps

Perbandingan *jitter* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 128 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.16.

Tabel 4.10 Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 128 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	16	14.625
2	15.875	14.75
3	16.125	14.5
4	16	14.75
5	16.25	14.375
6	16	14.375
7	16	14.875
8	16	14.75
9	16	14.875
10	16.25	14.625



Gambar 4.16 Grafik perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 128 Kbps.

Keunggulan jaringan MPLS juga terlihat pada rata-rata nilai *jitter* dengan simulasi yang memakai lebar *bandwidth* 128 Kbps. Jaringan MPLS lebih unggul 8.72% dibandingkan jaringan tanpa MPLS.

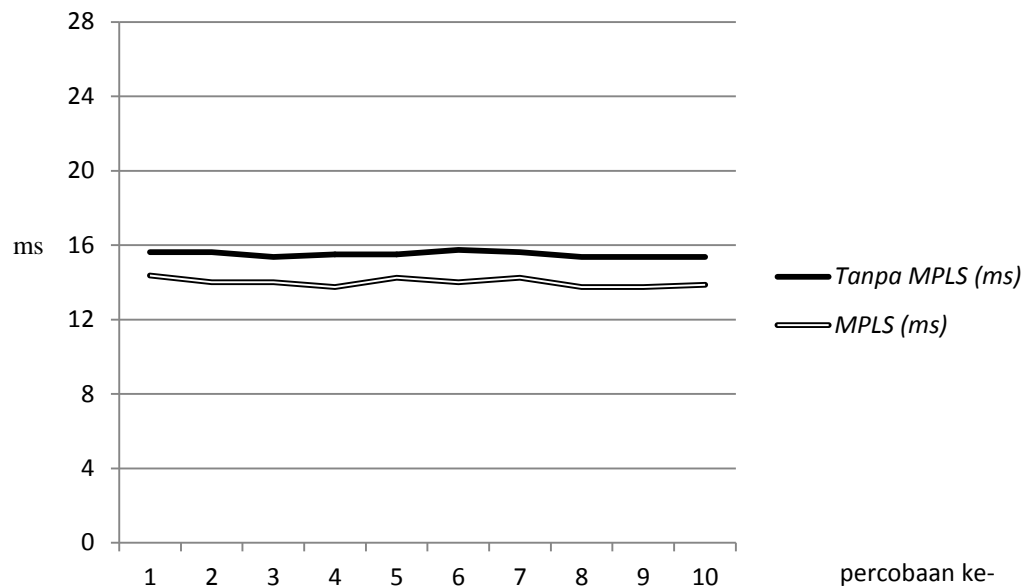
b. Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 256 Kbps

Perbandingan *jitter* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 256 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.17.

Tabel 4.11 Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	15.625	14.375
2	15.625	14
3	15.375	14
4	15.5	13.75
5	15.5	14.25
6	15.75	14

7	15.625	14.25
8	15.375	13.75
9	15.375	13.75
10	15.375	13.875



Gambar 4.17 Grafik perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 256 *Kbps*.

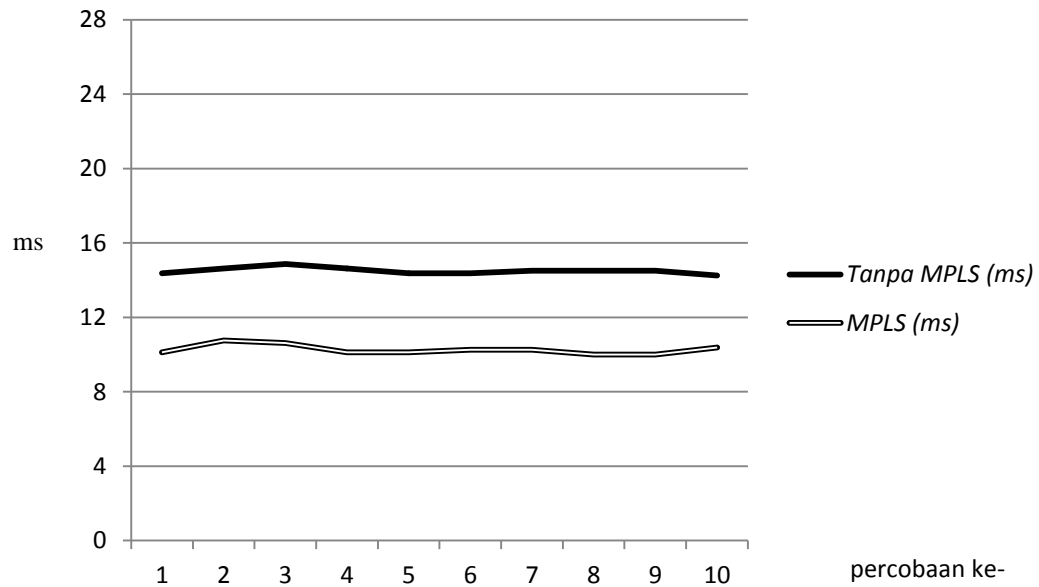
Rata-rata nilai *jitter* simulasi jaringan MPLS pada *bandwidth* 256 *Kbps* adalah sebesar 14 ms. Dibandingkan dengan rata-rata nilai *jitter* simulasi jaringan tanpa MPLS yang sebesar 15,5125 ms, jaringan MPLS lebih unggul 9,75 % dibandingkan dengan jaringan tanpa MPLS.

c. Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 512 *Kbps*

Perbandingan *jitter* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 512 *Kbps* dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.18.

Tabel 4.12 Perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 512 *Kbps*.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	14.375	10.125
2	14.625	10.75
3	14.875	10.625
4	14.625	10.125
5	14.375	10.125
6	14.375	10.25
7	14.5	10.25
8	14.5	10
9	14.5	10
10	14.25	10.375

**Gambar 4.18** Grafik perbandingan *jitter* dengan *bandwidth* 512 *Kbps*.

Ketika *bandwidth* diperbesar menjadi 512 *Kbps*, nilai rata-rata *jitter* dari simulasi jaringan MPLS mengalami peningkatan lebih signifikan dibandingkan

jaringan tanpa MPLS. Nilai rata-rata jitter jaringan tanpa MPLS pada bandwidth 512 *Kbps* adalah 14,5 ms, mengalami penurunan sekitar 1,0125 ms dari saat simulasi dengan bandwidth 256 *Kbps*. Sementara nilai rata-rata jitter jaringan MPLS dari bandwidth 256 *Kbps* ke bandwidth 512 *Kbps* mengalami penurunan sekitar 3,7375 ms, membuat jaringan MPLS lebih unggul dibandingkan dengan jaringan tanpa MPLS.

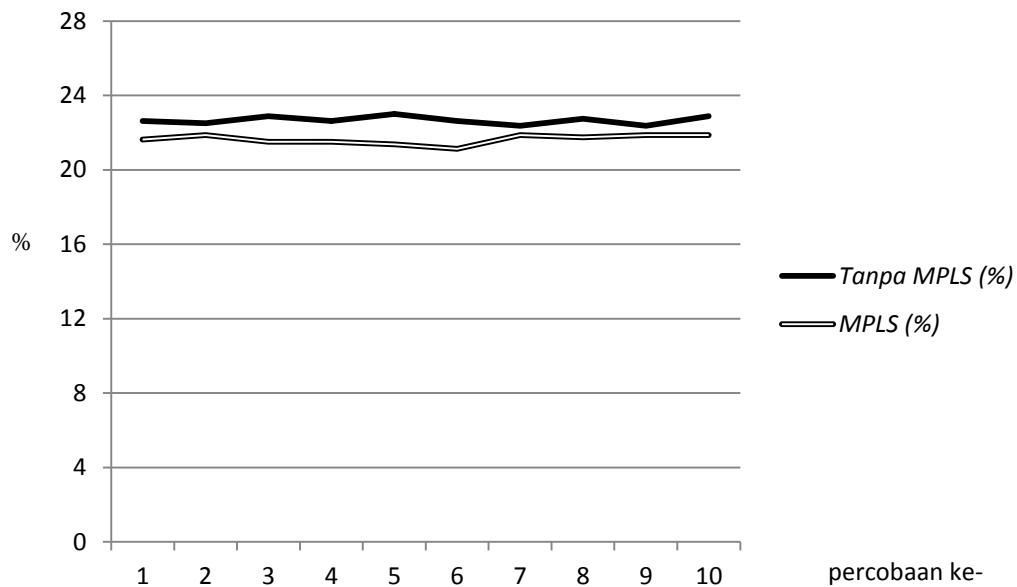
4.2.3 Packet Loss

a. Perbandingan *packet loss* dengan bandwidth 128 *Kbps*

Perbandingan *packet loss* pada kedua skenario dengan bandwidth 128 *Kbps* dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.19.

Tabel 4.13 Perbandingan *packet loss* dengan bandwidth 128 *Kbps*.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	22.625	21.625
2	22.5	21.875
3	22.875	21.5
4	22.625	21.5
5	23	21.375
6	22.625	21.125
7	22.375	21.875
8	22.75	21.75
9	22.375	21.875
10	22.875	21.875



Gambar 4.19 Grafik perbandingan packet loss dengan *bandwidth* 128 Kbps.

Nilai rata-rata packet loss jaringan MPLS lebih unggul pada angka 21,6625% dibandingkan dengan nilai rata-rata packet loss jaringan tanpa MPLS di angka 22,6625%.

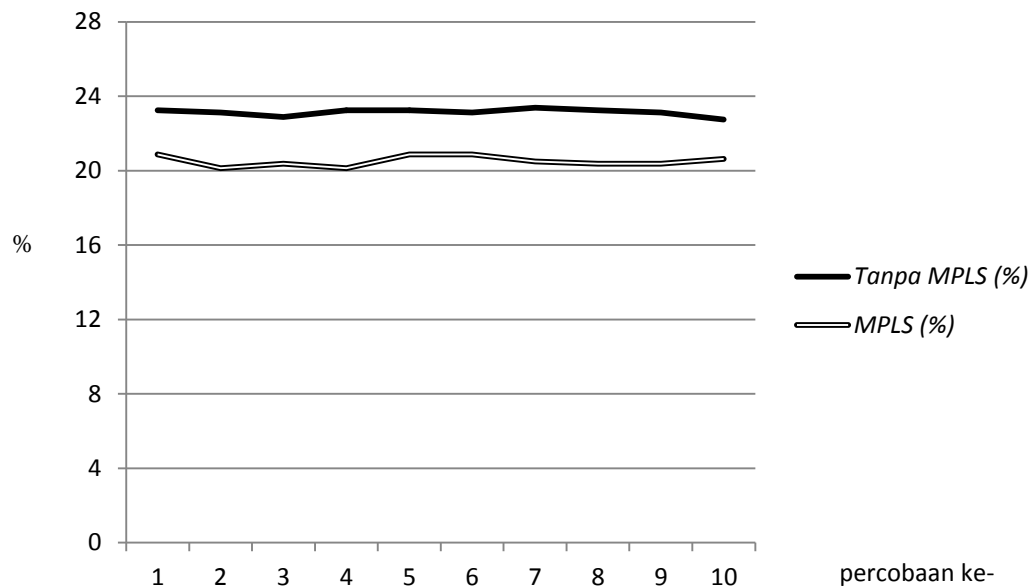
b. Perbandingan *packet loss* dengan *bandwidth* 256 Kbps

Perbandingan *packet loss* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 256 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.20.

Tabel 4.14 Perbandingan *packet loss* dengan *bandwidth* 256 Kbps.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	23.25	20.875
2	23.125	20.125
3	22.875	20.375
4	23.25	20.125
5	23.25	20.875

6	23.125	20.875
7	23.375	20.5
8	23.25	20.375
9	23.125	20.375
10	22.75	20.625



Gambar 4.20 Grafik perbandingan packet loss dengan *bandwidth* 256 Kbps.

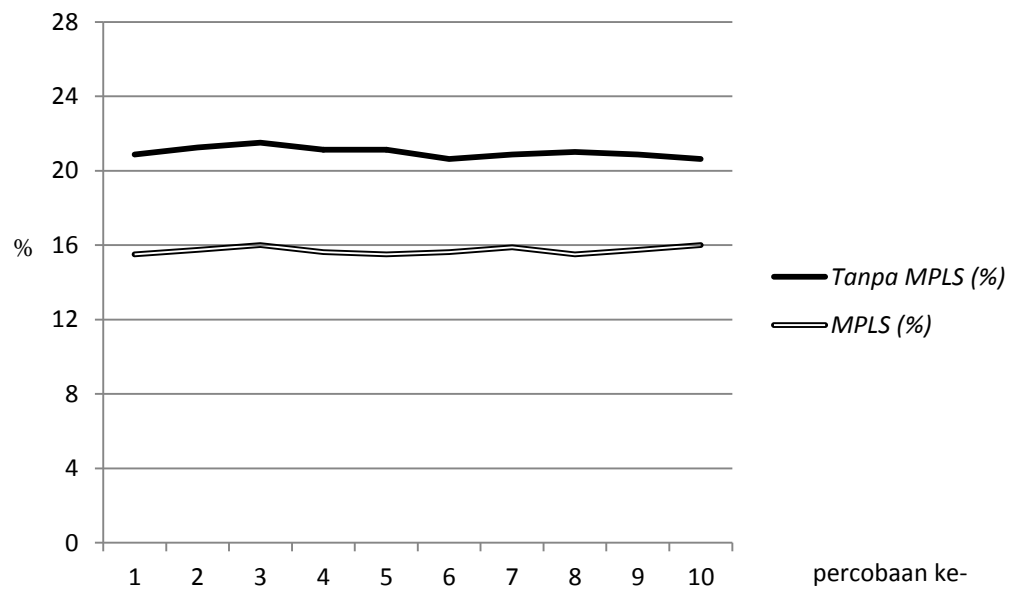
Nilai rata-rata packet loss jaringan MPLS pada *bandwidth* 256 Kbps adalah 20,5125%, sedangkan nilai rata-rata packet loss jaringan tanpa MPLS adalah 23,1375%. Hal ini membuktikan bahwa nilai packet loss jaringan MPLS lebih rendah dibandingkan nilai packet loss jaringan tanpa MPLS dengan perbedaan sekitar 2,625%.

c. Perbandingan *packet loss* dengan *bandwidth* 512 Kbps

Perbandingan *packet loss* pada kedua skenario dengan *bandwidth* 512 Kbps dapat dilihat pada Tabel 4.15 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.21.

Tabel 4.15 Perbandingan *packet loss* dengan *bandwidth 512 Kbps*.

Percobaan ke-	Tanpa MPLS	MPLS
1	20.875	15.5
2	21.25	15.75
3	21.5	16
4	21.125	15.625
5	21.125	15.5
6	20.625	15.625
7	20.875	15.875
8	21	15.5
9	20.875	15.75
10	20.625	16

**Gambar 4.21** Grafik perbandingan *packet loss* dengan *bandwidth 512 Kbps*.

Nilai rata-rata *packet loss* jaringan MPLS pada *bandwidth 512 Kbps* menurun jauh dibandingkan sebelumnya pada simulasi dengan *bandwidth 256 Kbps*, yaitu

menurun sekitar 4,8%. Sedangkan penurunan pada jaringan tanpa MPLS dari bandwidth 256 *Kbps* ke 512 *Kbps* hanya 2,15%, membuat simulasi jaringan MPLS lebih baik daripada simulasi jaringan tanpa MPLS.

4.3 Analisis Perbandingan *Bandwith* Pada Skenario Yang Sama

Untuk melengkapi laporan dari penelitian yang penulis lakukan, penulis juga akan melakukan analisis perbandingan terhadap *bandwidth* yang tersedia berdasarkan parameter *delay*, *jitter* dan *packet loss* pada skenario yang sama.

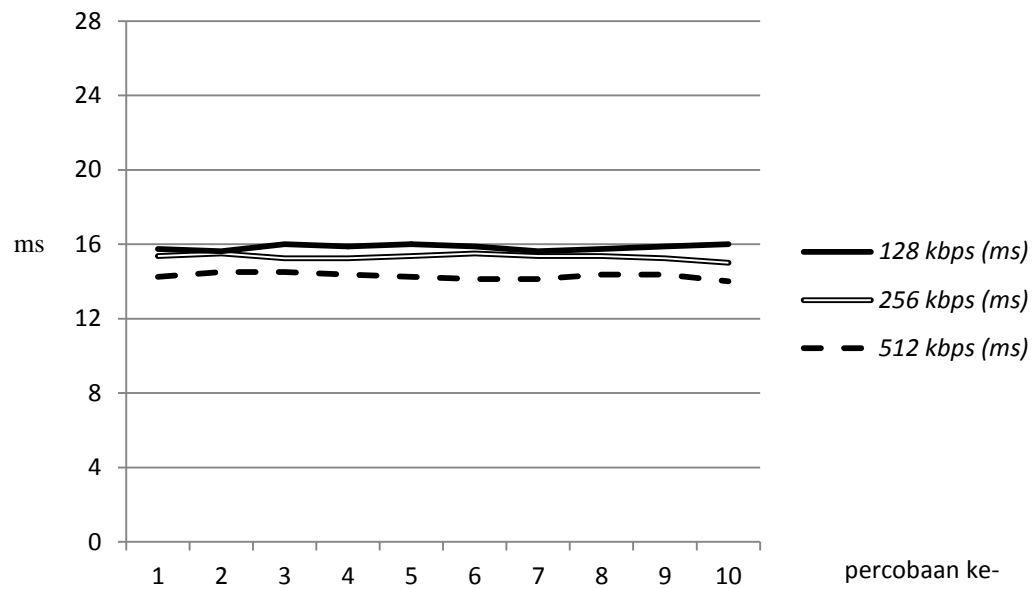
4.3.1 Skenario Jaringan Tanpa MPLS

a. *Delay*

Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan tanpa MPLS dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.22.

Tabel 4.16 Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa MPLS

Percobaan ke-	128 <i>Kbps</i>	256 <i>Kbps</i>	512 <i>Kbps</i>
1	15.75	15.375	14.25
2	15.625	15.5	14.5
3	16	15.25	14.5
4	15.875	15.25	14.375
5	16	15.375	14.25
6	15.875	15.5	14.125
7	15.625	15.375	14.125
8	15.75	15.375	14.375
9	15.875	15.25	14.375
10	16	15	14



Gambar 4.22 Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa *MPLS*

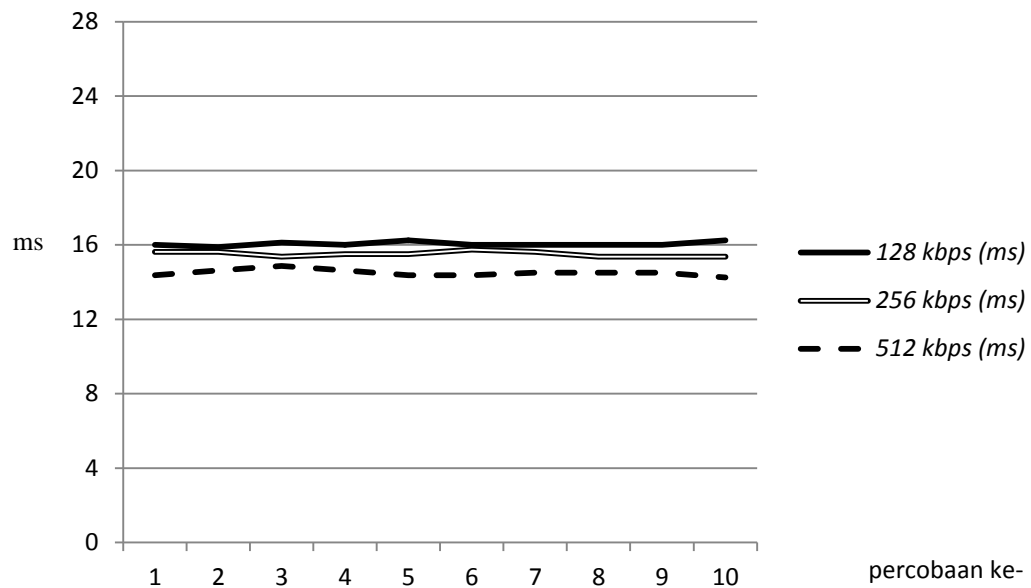
b. *Jitter*

Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan tanpa *MPLS* dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.23.

Tabel 4.17 Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa *MPLS*

Percobaan ke-	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps
1	16	15.625	14.375
2	15.875	15.625	14.625
3	16.125	15.375	14.875
4	16	15.5	14.625
5	16.25	15.5	14.375
6	16	15.75	14.375
7	16	15.625	14.5
8	16	15.375	14.5

9	16	15.375	14.5
10	16.25	15.375	14.25



Gambar 4.23 Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa *MPLS*

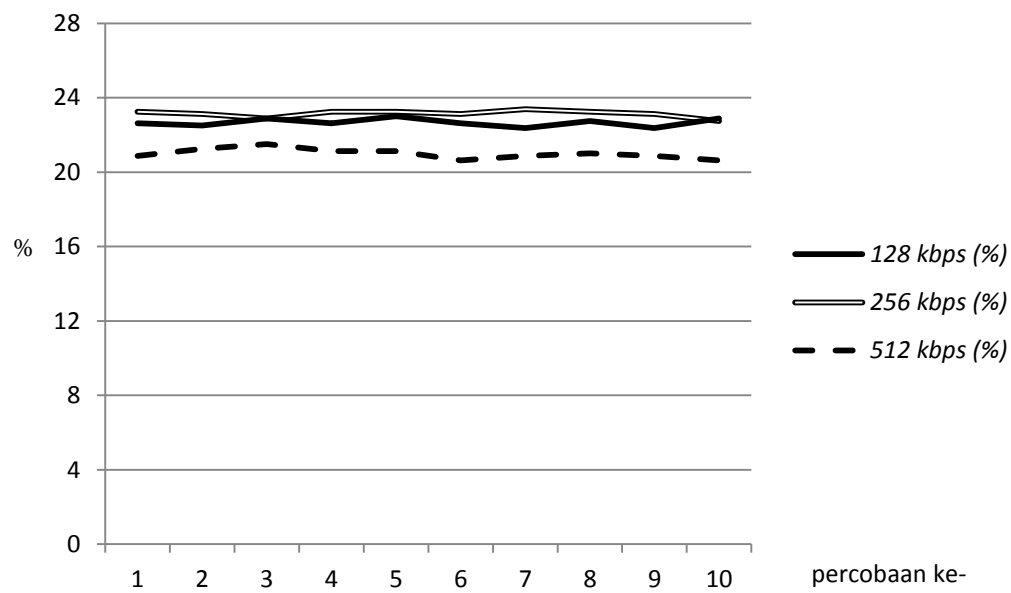
c. *Packet loss*

Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan tanpa *MPLS* dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.24.

Tabel 4.18 Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa *MPLS*

Percobaan ke-	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps
1	22.625	23.25	20.875
2	22.5	23.125	21.25
3	22.875	22.875	21.5
4	22.625	23.25	21.125
5	23	23.25	21.125

6	22.625	23.125	20.625
7	22.375	23.375	20.875
8	22.75	23.25	21
9	22.375	23.125	20.875
10	22.875	22.75	20.625



Gambar 4.24 Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* jaringan tanpa *MPLS*

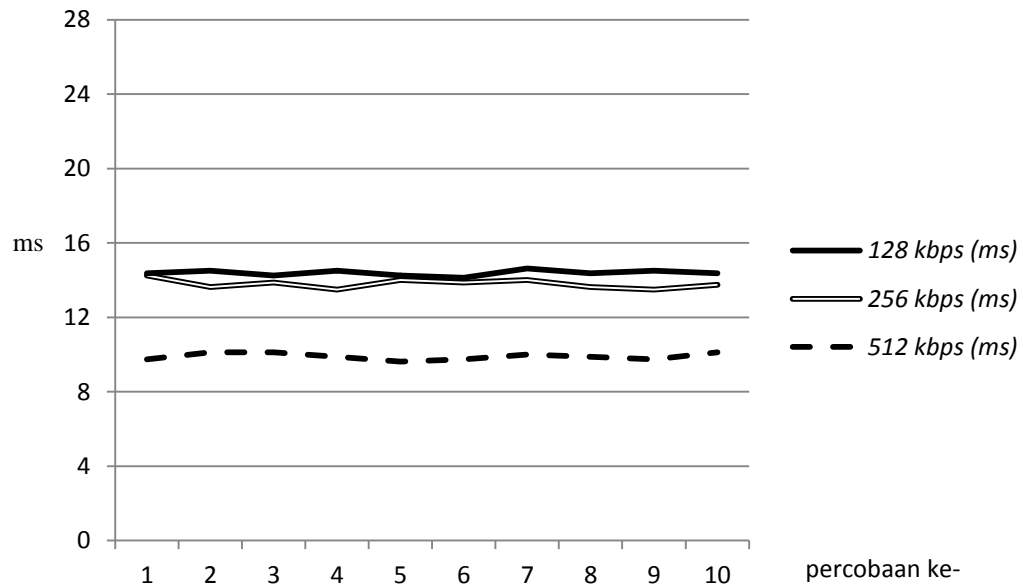
4.3.2 Skenario Jaringan MPLS

a. *Delay*

Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan *MPLS* dapat dilihat pada Tabel 4.19 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.25.

Tabel 4.19 Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan MPLS

Percobaan ke-	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps
1	14.375	14.25	9.75
2	14.5	13.625	10.125
3	14.25	13.875	10.125
4	14.5	13.5	9.875
5	14.25	14	9.625
6	14.125	13.875	9.75
7	14.625	14	10
8	14.375	13.625	9.875
9	14.5	13.5	9.75
10	14.375	13.75	10.125

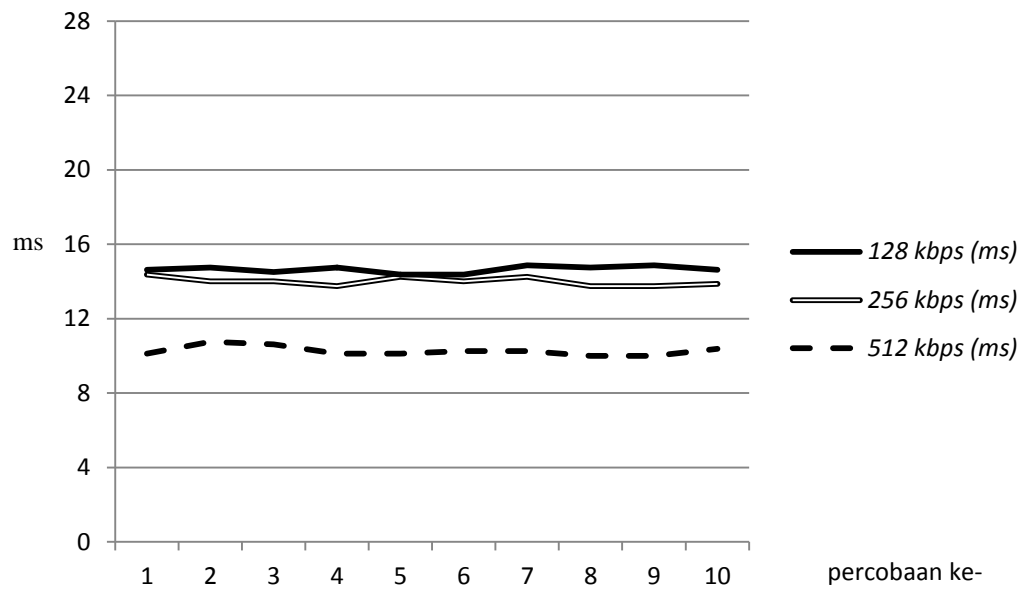
**Gambar 4.25** Perbandingan *delay* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan MPLS

b. *Jitter*

Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan *MPLS* dapat dilihat pada Tabel 4.20 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.26.

Tabel 4.20 Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan *MPLS*

Percobaan ke-	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps
1	14.625	14.375	10.125
2	14.75	14	10.75
3	14.5	14	10.625
4	14.75	13.75	10.125
5	14.375	14.25	10.125
6	14.375	14	10.25
7	14.875	14.25	10.25
8	14.75	13.75	10
9	14.875	13.75	10
10	14.625	13.875	10.375



Gambar 4.26 Perbandingan *jitter* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan *MPLS*

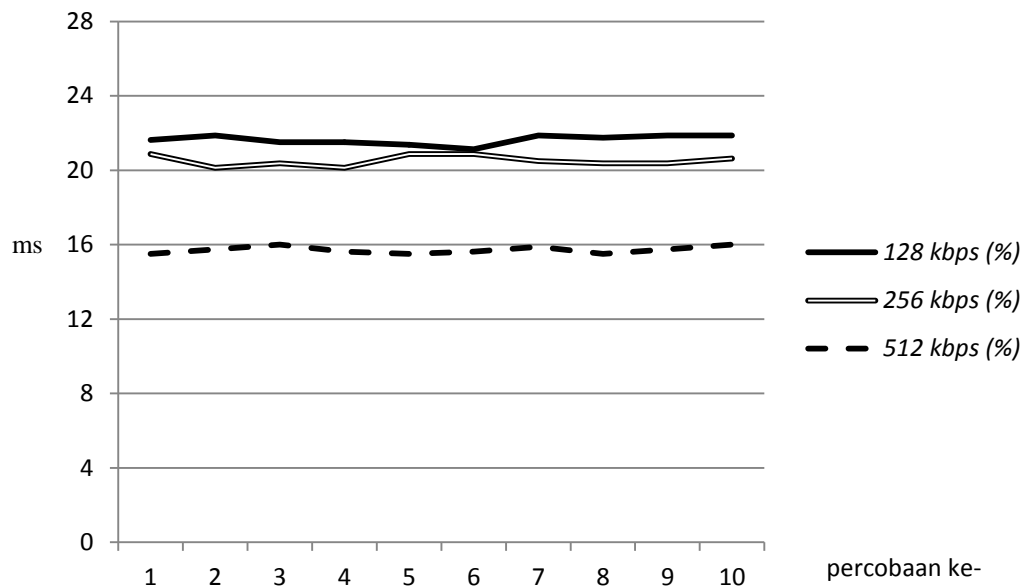
c. *Packet loss*

Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* yang tersedia di jaringan pada skenario jaringan *MPLS* dapat dilihat pada Tabel 4.21 dan dalam bentuk grafik pada Gambar 4.27.

Tabel 4.21 Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan *MPLS*

Percobaan ke-	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps
1	21.625	20.875	15.5
2	21.875	20.125	15.75
3	21.5	20.375	16
4	21.5	20.125	15.625
5	21.375	20.875	15.5
6	21.125	20.875	15.625
7	21.875	20.5	15.875
8	21.75	20.375	15.5

9	21.875	20.375	15.75
10	21.875	20.625	16



Gambar 4.27 Perbandingan *packet loss* berdasarkan *bandwidth* pada jaringan *MPLS*

Dilihat dari rata-rata *delay*, *jitter* dan *packet loss* seluruh pengujian, baik dari jaringan tanpa *MPLS* maupun jaringan dengan *MPLS*, dapat dilihat penurunan yang signifikan ketika ukuran *bandwidth* diperlebar dari 128 *Kbps* menjadi 256 *Kbps* yang kemudian diperlebar lagi menjadi 512 *Kbps*. Meskipun demikian, jaringan *MPLS* memiliki tingkat penurunan *delay*, *jitter* dan *packet loss* yang lebih signifikan dibandingkan dengan jaringan tanpa *MPLS*. Perbedaan penurunan tersebut diakibatkan karena pada saat *bandwidth* berukuran 128 *Kbps* dan 256 *Kbps*, paket data baik pada jaringan *MPLS* maupun tanpa *MPLS* akan sangat berdesakan melewati *bandwidth* yang terbatas. Penurunan yang tidak terlalu signifikan ketika *bandwidth* dinaikkan dari 128 *Kbps* menjadi 256 *Kbps* terjadi akibat *MPLS* kurang bisa berkerja secara optimal karena *bandwidth* masih sangat terbatas ketika dipenuhi oleh paket

lain dan paket *VoIP* sendiri yang cukup besar untuk ukuran bandwidth 128 *Kbps* dan 256 *Kbps*.

Ketika melakukan penelitian, penulis menemukan sebuah kelemahan pada perangkat lunak yang berfungsi sebagai pemantau jaringan *VoIP* VQManager. Kelemahan tersebut terjadi ketika melakukan skenario pengujian, hasil *delay* seringkali tidak terpantau atau *delay* hanya tetap di angka 0 *ms*, meskipun demikian hasil dari pemantauan *jitter* dan *packet loss* tetap dapat terbaca dengan normal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Telah dilakukan penelitian tentang teknologi MPLS pada jaringan dengan layanan VoIP. Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian tersebut dapat dijelaskan kembali sebagai berikut.

1. Nilai rata-rata *delay*, *jitter* dan *packet loss* dari jaringan *MPLS* lebih unggul daripada jaringan tanpa *MPLS*, hal ini disebabkan *MPLS* tidak melakukan analisa header IP pada setiap router yang dilewati oleh paket, sekali paket memasuki jaringan *MPLS*, maka paket tersebut akan ditempatkan sebagai suatu aliran dan analisa header IP hanya dilakukan di router egress. Untuk menentukan aliran paket, router ingress memasang label yang merupakan bagian dari header *MPLS*. Label merupakan satu-satunya tanda identifikasi paket dan digunakan untuk proses forwarding, termasuk proses traffic engineering. Teknik pelekatan label oleh *MPLS* tersebut membuat efisiensi dalam pengiriman paket data *VoIP* menjadi lebih baik dan kualitas panggilan *VoIP* dapat ditingkatkan.
2. Dengan meningkatkan bandwidth yang akan dilalui memang menurunkan nilai rata-rata dari *delay*, *jitter* dan *packet loss*, tetapi penurunan nilai rata-rata oleh jaringan *MPLS* lebih baik daripada jaringan tanpa *MPLS*.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas penelitian ini ke depannya adalah.

1. Melakukan perancangan topologi jaringan yang lebih kompleks agar dapat melihat perbedaan yang dihasilkan secara lebih nyata.
2. Menggunakan *codec* atau protokol *signaling* yang bervariasi sebagai pembanding.

3. Melakukan simulasi dengan menggunakan perangkat nyata dan tidak hanya sekedar perangkat virtual.
4. Menggunakan perangkat lunak pemantau jaringan *VoIP* lain selain VQManager.

DAFTAR PUSTAKA

- Cisco Systems, I. (2006). No Title. Retrieved January 12, 2015, from <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/7934-bwidth-consume.html>
- Faisal, M., Uddin, J., & Shil, S. (2012). Performance of VoIP Networks Using MPLS Traffic Engineering. *Advanced Materials Research*, 457-458, 927–930. Retrieved from <http://www.scientific.net/AMR.457-458.927>
- Farizqi, Y. I. R. (2012). *Studi Komparasi Kinerja VoIP Menggunakan Protokol SIP Over RTP dan Protokol IAX2*. Universitas Islam Indonesia.
- Kurniawan, A. (2011). *Analisa Sistem Keamanan Jaringan Yang Berarsitektur MPLS (Multi Protocol Label Switching)*. Universitas Islam Indonesia.
- Mohammed, H. a, Ali, A. H., & Mohammed, H. J. (2013). The Affects of Different Queuing Algorithms within the Router on QoS VoIP application Using OPNET. *International Journal of Computer Networks & Communications*, 5(1), 117–124. doi:10.5121/ijcnc.2013.5108
- Nlend, S. (2014). Optimization of resources allocation for H. 323 endpoints and terminals over VoIP networks.
- Rijayana, I. (2005). *Teknologi Multi Protocol Label Switching (MPLS) Untuk Meningkatkan Performa Jaringan, 2005(Snati)*.
- Tucker, G. S. (2005). *Voice Over Internet Protocol (VoIP) and Security*.

LAMPIRAN 1

A. Konfigurasi R1

Konfigurasi interface

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=10.10.10.1/24 interface=ether1_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=15.15.15.1/24 interface=ether2_
```

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=lobridge_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=3.3.3.1/32 interface=lobridge _
```

Konfigurasi OSPF

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=10.10.10.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=15.15.15.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=3.3.3.1/32_
```

Konfigurasi MPLS

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes transport-address=3.3.3.1 lsr-id=3.3.  
.3.1_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2_
```

B. Konfigurasi R2

Konfigurasi interface

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=15.15.15.2/24 interface=ether1 _
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=9.9.9.1/24 interface=ether2_
```

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=lobridge_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=3.3.3.2/32 interface=lobridge _
```

Konfigurasi OSPF

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=15.15.15.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=9.9.9.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=3.3.3.2/32_
```

Konfigurasi MPLS

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes transport-address=3.3.3.2 lsr-id=3.3.3.2_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2_
```

C. Konfigurasi R3

Konfigurasi interface

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=9.9.9.2/24 interface=ether1_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=20.20.20.1/24 interface=ether2_
```

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=lobridge_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=3.3.3.3/32 interface=lobridge_
```

Konfigurasi OSPF

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=9.9.9.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=20.20.20.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=3.3.3.3/32_
```

Konfigurasi MPLS

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes transport-address=3.3.3.3 lsr-id=3.3.3.3_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2_
```

D. Konfigurasi R4

Konfigurasi interface

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=20.20.20.2/24 interface=ether1_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=192.168.5.1/24 interface=ether2_
```

```
[admin@MikroTik] > interface bridge add name=lobridge_
```

```
[admin@MikroTik] > ip address add address=3.3.3.4/32 interface=lobridge_
```

Konfigurasi OSPF

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=20.20.20.0/24_
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=192.168.5.0/24
```

```
[admin@MikroTik] > routing ospf network add area=backbone network=3.3.3.4/32_
```

Konfigurasi MPLS

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes transport-address=3.3.3.4 lsr-id=3.3  
.3.4_
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether1_
```

LAMPIRAN 2

Hasil percobaan jaringan tanpa MPLS dengan bandwidth 128 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	16	16	16	16	15	16	16	15.75
Jitter (ms)	13	17	18	13	14	16	17	20	16
Packet Loss (%)	22	23	23	23	23	22	22	23	22.65

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	16	17	15	16	16	16	15.625
Jitter (ms)	14	18	17	16	13	14	17	18	15.875
Packet Loss (%)	23	22	22	22	22	24	23	22	22.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	16	17	17	15	16	16	16	16
Jitter (ms)	14	18	17	15	15	15	18	17	16.125
Packet Loss (%)	22	22	23	23	23	24	23	23	22.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	17	16	17	15	16	15	15	16	15.875
Jitter (ms)	15	15	16	17	18	16	16	15	16
Packet Loss (%)	21	22	22	23	24	23	23	23	22.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	16	16	18	17	16	16	16
Jitter (ms)	15	17	18	17	18	15	15	15	16.25
Packet Loss (%)	21	22	23	24	24	23	24	23	23

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	15	17	16	17	16	16	15	15.875
Jitter (ms)	15	16	18	16	15	16	16	16	16
Packet Loss (%)	24	22	23	24	23	22	22	21	22.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	14	16	16	18	17	16	14	15.625
Jitter (ms)	14	18	17	16	15	15	16	17	16
Packet Loss (%)	22	23	23	22	22	23	22	22	22.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	16	15	16	17	16	15	17	15.75
Jitter (ms)	13	14	16	16	15	17	18	19	16
Packet Loss (%)	23	22	22	23	23	23	23	23	22.75

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	16	17	16	16	16	16	15	15.875
Jitter (ms)	14	15	16	17	18	17	16	15	16
Packet Loss (%)	21	22	23	22	23	23	23	22	22.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	16	17	18	16	16	15	16	16
Jitter (ms)	14	17	16	17	16	16	17	17	16.25
Packet Loss (%)	23	22	22	22	23	24	23	24	22.875

Hasil percobaan jaringan tanpa MPLS dengan bandwidth 256 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	15	16	15	18	13	17	15.375
Jitter (ms)	14	17	13	18	15	18	13	17	15.625
Packet Loss (%)	21	22	23	24	24	26	22	24	23.25

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	14	415	16	16	17	15	16	15.5
Jitter (ms)	15	16	14	16	16	16	15	17	15.625
Packet Loss (%)	23	22	22	21	23	24	24	24	23.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	16	15	15	16	16	15	15.25
Jitter (ms)	14	15	15	14	16	16	16	17	15.375
Packet Loss (%)	23	22	22	21	23	24	24	24	22.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	16	16	16	16	15	14	15.25
Jitter (ms)	15	16	16	16	15	15	15	16	15.5
Packet Loss (%)	22	23	23	22	23	25	24	24	23.25

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	16	16	15	14	15	15	17	15.375
Jitter (ms)	15	17	15	16	16	16	14	15	15.5
Packet Loss (%)	21	22	23	24	24	26	22	24	23.25

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	15	17	17	16	15	15	15.5
Jitter (ms)	14	15	15	16	17	16	16	17	15.75
Packet Loss (%)	22	22	22	23	24	25	22	24	23.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	17	16	15	15	15	16	15.375
Jitter (ms)	14	16	16	16	15	16	16	16	15.625
Packet Loss (%)	22	22	24	24	24	25	22	24	23.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	16	17	16	16	16	15	15.375
Jitter (ms)	14	15	15	16	16	16	16	15	15.375
Packet Loss (%)	22	23	23	24	24	24	23	23	23.25

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	15	16	17	16	15	16	15.25
Jitter (ms)	15	15	14	14	15	17	16	17	15.375
Packet Loss (%)	22	23	23	23	23	23	24	24	23.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	15	16	15	17	14	16	15
Jitter (ms)	14	15	15	16	15	17	14	17	15.375
Packet Loss (%)	20	22	23	24	22	24	23	24	22.75

Hasil percobaan jaringan tanpa MPLS dengan bandwidth 512 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	16	16	14	13	13	14	16	12	14.25
Jitter (ms)	14	18	11	15	14	12	16	15	14.375
Packet Loss (%)	21	23	22	19	20	21	22	19	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	16	15	15	14	14	15	13	14.5
Jitter (ms)	14	115	16	15	14	13	15	15	14.625
Packet Loss (%)	20	21	22	22	21	22	22	20	21.25

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	15	16	15	14	13	14	14	14.5
Jitter (ms)	13	14	16	16	14	14	16	16	14.875
Packet Loss (%)	21	21	22	23	21	21	22	21	21.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	14	15	15	14	14	15	13	14.375
Jitter (ms)	14	15	15	15	15	13	16	14	14.625
Packet Loss (%)	22	23	21	20	21	21	21	20	21.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	14	15	16	14	14	14	13	14.25
Jitter (ms)	14	14	14	15	15	14	15	14	14.375
Packet Loss (%)	20	22	20	20	22	22	22	21	21.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	13	14	15	16	15	14	13	14.125
Jitter (ms)	13	14	15	15	15	15	15	13	14.375
Packet Loss (%)	19	20	22	22	21	20	21	20	20.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	14	14	15	16	15	13	14	14.125
Jitter (ms)	13	14	16	15	14	15	14	15	14.5
Packet Loss (%)	20	20	21	22	21	21	21	21	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	15	16	15	14	14	12	14.375
Jitter (ms)	15	14	15	14	15	15	15	13	14.5
Packet Loss (%)	21	22	21	21	21	22	21	19	21

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	15	15	14	13	16	15	13	14.375
Jitter (ms)	15	14	15	15	16	13	15	13	14.5
Packet Loss (%)	21	22	20	21	21	20	21	21	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	14	15	14	14	15	14	12	14
Jitter (ms)	14	15	15	14	15	13	13	15	14.25
Packet Loss (%)	20	20	21	20	21	22	21	20	20.625

Hasil percobaan jaringan MPLS dengan bandwidth 128 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	12	15	15	15	15	14	15	14.375
Jitter (ms)	14	13	14	15	16	15	14	16	14.625
Packet Loss (%)	21	18	22	24	24	21	21	22	21.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	14	15	16	16	15	15	14.5
Jitter (ms)	12	13	14	15	16	16	15	15	14.75
Packet Loss (%)	19	20	23	24	24	22	21	22	21.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	15	15	15	14	14	14	14.25
Jitter (ms)	15	14	14	15	15	14	14	15	14.5
Packet Loss (%)	19	21	23	22	22	21	22	22	21.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	14	16	16	15	15	15	14.5
Jitter (ms)	13	14	14	15	15	16	15	16	14.375
Packet Loss (%)	19	19	21	24	24	23	22	22	21.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	14	14	15	15	14	14	14	14.25
Jitter (ms)	14	13	15	15	14	15	14	15	14.375
Packet Loss (%)	18	19	20	22	23	24	22	23	21.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	2	15	13	14	15	15	15	14	14.125
Jitter (ms)	13	14	13	14	14	16	15	16	14.375
Packet Loss (%)	18	20	20	22	22	23	22	22	21.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	13	15	16	16	15	14	14	14.625
Jitter (ms)	13	14	15	14	15	15	16	17	14.875
Packet Loss (%)	19	18	23	24	24	22	22	23	21.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	14	15	17	15	15	14	14.375
Jitter (ms)	13	15	14	15	15	15	15	16	14.75
Packet Loss (%)	18	19	22	24	23	23	22	23	21.75

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	11	13	14	15	17	16	16	14	14.5
Jitter (ms)	14	15	15	14	15	14	15	17	14.875
Packet Loss (%)	19	119	23	23	24	22	23	22	21.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	12	14	15	16	16	15	15	14.375
Jitter (ms)	15	14	14	13	14	15	16	16	14.625
Packet Loss (%)	18	20	22	23	23	23	23	23	21.875

Hasil percobaan jaringan MPLS dengan bandwidth 256 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	16	16	14	13	13	14	16	12	14.25
Jitter (ms)	14	18	11	15	14	12	16	15	14.375
Packet Loss (%)	21	23	22	19	20	21	22	19	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	15	13	12	14	15	13	13.625
Jitter (ms)	11	15	13	14	14	14	15	16	14
Packet Loss (%)	18	19	20	21	20	21	22	20	20.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	15	15	14	13	14	13	12	15	13.875
Jitter (ms)	13	14	14	15	14	13	14	15	14
Packet Loss (%)	18	20	21	20	20	22	22	20	20.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	14	14	13	15	15	12	13.5
Jitter (ms)	12	13	15	15	13	13	15	14	13.75
Packet Loss (%)	18	18	20	22	20	21	21	21	20.125

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	15	15	15	14	14	12	14
Jitter (ms)	11	14	18	15	14	15	14	13	14.25
Packet Loss (%)	20	19	20	23	20	22	22	21	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	14	113	14	14	14	15	14	13	13.875
Jitter (ms)	12	13	15	16	16	14	14	12	14
Packet Loss (%)	19	20	19	23	20	22	22	22	20.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	14	14	15	14	15	13	14	14
Jitter (ms)	12	12	15	16	16	14	14	15	14.25
Packet Loss (%)	18	19	19	22	20	21	22	23	20.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	14	14	15	15	13	13	13.625
Jitter (ms)	15	14	14	14	15	13	13	12	13.75
Packet Loss (%)	17	18	21	20	21	21	23	22	20.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	12	13	13	13	14	15	15	13	13.5
Jitter (ms)	13	14	14	15	14	14	13	13	13.75
Packet Loss (%)	18	19	20	20	21	21	22	22	20.375

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	13	15	15	14	13	14	14	12	13.75
Jitter (ms)	15	15	14	13	13	14	14	13	13.875
Packet Loss (%)	18	20	22	21	20	20	23	21	20.625

Hasil percobaan jaringan MPLS dengan bandwidth 512 Kbps.

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	10	10	10	10	10	9	9	10	9.75
Jitter (ms)	10	11	10	10	11	10	9	10	10.125
Packet Loss (%)	15	16	14	16	15	14	16	18	15.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	9	11	10	11	11	11	9	9	10.125
Jitter (ms)	11	11	10	10	11	12	10	11	10.75
Packet Loss (%)	14	15	15	17	16	15	16	18	15.75

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	10	10	11	11	11	10	9	9	10.125
Jitter (ms)	10	10	11	11	11	11	10	11	10.625
Packet Loss (%)	15	15	14	17	17	16	18	16	16

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	9	10	10	10	11	12	9	8	9.875
Jitter (ms)	11	10	10	9	10	10	11	10	10.125
Packet Loss (%)	14	14	15	16	16	17	17	16	15.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	8	10	11	9	9	11	10	9	9.625
Jitter (ms)	9	10	11	10	10	11	10	10	10.125
Packet Loss (%)	15	15	16	15	15	14	17	17	15.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	9	10	10	9	10	10	10	10	9.75
Jitter (ms)	9	11	11	10	11	10	10	10	10.25
Packet Loss (%)	14	15	16	14	16	15	18	17	15.625

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	9	9	9	10	11	15	11	9	10
Jitter (ms)	9	10	10	11	11	11	10	10	10.25
Packet Loss (%)	13	16	16	16	16	17	17	16	15.875

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	9	10	11	9	10	11	10	9	9.875
Jitter (ms)	9	11	10	10	10	11	10	9	10
Packet Loss (%)	14	14	16	15	16	17	17	15	15.5

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	8	9	9	10	11	11	10	10	9.75
Jitter (ms)	9	10	11	10	11	10	10	9	10
Packet Loss (%)	13	15	16	16	16	17	17	16	15.75

Detik ke-	30	60	90	120	150	180	210	240	Rata-rata
Delay (ms)	10	10	9	10	11	11	11	9	10.125
Jitter (ms)	11	10	10	11	11	11	10	9	10.375
Packet Loss (%)	16	15	15	16	17	17	16	16	16