



**Implementasi Dan Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada MPLS  
(*Multi Protocol Label Switching*) Untuk Trafik Data *Bursty***



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

**Oleh :**

**FAYSAL AFDHOR RINZANI**

**10.41020.0055**

**Implementasi Dan Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada MPLS  
(*Multi Protocol Label Switching*) Untuk Trafik Data *Bursty***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan

Program Sarjana Komputer



UNIVERSITAS

Oleh:

Nama : Faysal Afdhor Rinzani

Nim : 10.41020.0055

Jurusan : Sistem Komputer

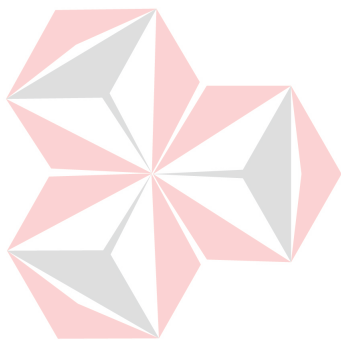
Program : S1 (Strata Satu)

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA**

---

**FAKULTAS TEKNOLOGI DAN INFORMATIKA  
INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA  
2015**

**INSTITUT BISNIS DAN INFORMATIKA STIKOM SURABAYA**  
**2015**



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

Abu Hurairah r.a berkata : Rosululloh SAW bersabda,

“Lihatlah kepada orang yang berada di bawahmu dan jangan melihat kepada orang yang berada di atasmu karena yang demikian itu lebih layak supaya kamu tidak meremehkan nikmat Allah kepadamu.”

H.R Bukhari – Muslim



UNIVERSITAS  
Dinamika

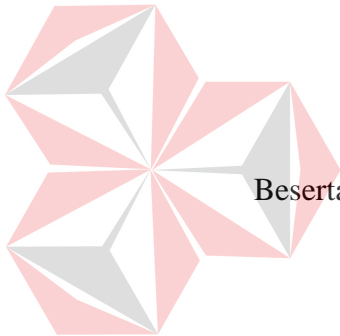
Kupersembahkan kepada

Allah SWT.

Rasulullah, keluarga beserta sahabat,

Ayah, ibu dan adik - adikku

Beserta semua keluarga dan teman – teman yang mendukung



UNIVERSITAS  
Dinamika

**Tugas Akhir**  
**IMPLEMENTASI DAN ANALISIS QOS (*QUALITY OF SERVICE*)**  
**PADA MPLS (*MULTI PROTOCOL LABEL SWITCHING*)**  
**UNTUK TRAFIK DATA *BURSTY***

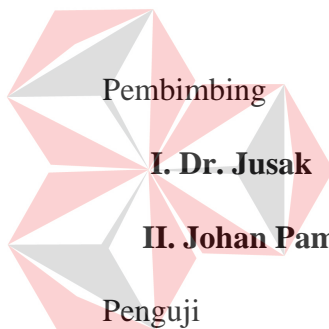
dipersiapkan dan disusun oleh

**Faysal Afdhor Rinzani**

**NIM : 10.41020.0055**

Telah diperiksa, diuji dan disetujui oleh Dewan Penguji  
pada : 25 Februari 2015

**Susunan Dewan Penguji**



Pembimbing

**I. Dr. Jusak**

**II. Johan Pamungkas, S.T**

Penguji

**I. Anjik Sukmaaji, S.Kom, M.Eng.**

**II. Yosefine Triwidyastuti, M.T**

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

**Dr.Jusak**  
**Dekan Fakultas Teknologi Dan Informatika**

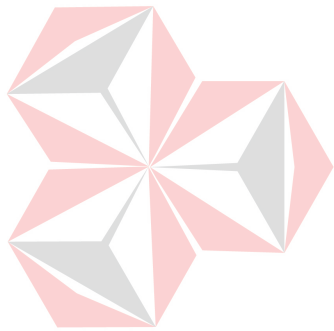
INSTITUT BISNIS & INFORMATIKA STIKOM SURABAYA

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan dengan benar, bahwa Tugas Akhir ini adalah asli karya saya, bukan plagiat baik sebagian maupun apalagi keseluruhan. Karya atau pendapat orang lain yang ada dalam Tugas Akhir ini adalah semata hanya rujukan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka saya.

Apabila dikemudian hari ditemukan adanya tindakan plagiat pada karya Tugas Akhir ini, maka saya bersedia untuk dilakukan pencabutan terhadap gelar kesarjanaan yang telah diberikan kepada saya.

Surabaya, 25 Februari 2015



UNIVERSITAS  
**Dinarika**

Faysal Afdhor Rinzani  
NIM: 10.41020.0055

## ABSTRAK

Dalam dekade terakhir eksperimen layanan internet berkembang pesat di seluruh dunia. Perkembangan layanan internet dipengaruhi secara langsung oleh jumlah penelitian yang berkembang cepat di bidang ini. Untuk mengatasi lalu lintas internet yang lambat, teknologi MPLS (Multi Protocol Label Switching) diusulkan oleh IETF untuk memasukkan mekanisme label swapping di layer 2 dan layer 3 routing untuk mempercepat pengiriman paket.

Dalam komunitas internet, umumnya dikenal bahwa ada dua jenis pola lalu lintas yang ada, yaitu lalu lintas yang terus-menerus dan bursty. Transmisi bursty menunjukkan pola *spikes* yang mudah berubah dan tak terduga dalam volume lalu lintas.

Dalam studi ini, kami melakukan analisis kinerja MPLS untuk lalu lintas data bursty. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kinerja protokol routing MPLS dan OSPF untuk transfer file audio dan video yang memanfaatkan protokol TCP.

Berdasarkan pengujian dalam hal delay, jitter, throughput dan packet loss, menunjukkan bahwa untuk lalu lintas data bursty, kinerja jaringan menggunakan protokol routing MPLS dan OSPF tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Kata kunci : *MPLS, OSPF, QoS, trafik data bursty*



## KATA PENGANTAR

Pertama-tama penulis panjatkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat, rahmat, dan karuniaNya penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya. Penulis mengambil judul “IMPLEMENTASI DAN ANALISIS QOS PADA MPLS UNTUK TRAFIK DATA *BURSTY*” ini sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan Tugas Akhir di Sekolah Tinggi Manajemen Informatika & Teknik Komputer Surabaya.

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta pembuatan laporan Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak yang telah membantu penulis sehingga Tugas Akhir dapat terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pimpinan STIKOM Surabaya yang telah banyak memberikan motivasi serta teladan yang dapat membantu penulis selama menempuh pembelajaran hingga saat ini.
2. Bapak Anjik Sukmaaji, S.Kom,M.Eng, selaku Kepala Program Studi S1 Sistem Komputer STIKOM Surabaya.
3. Bapak Dr.Jusak selaku dosen pembimbing pertama yang telah membantu serta mendukung setiap kegiatan sehingga pelaksanaan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik.
4. Bapak Johan Pamungkas, S.T, selaku dosen pembina kedua sehingga penulis dapat melaksanakan Tugas Akhir ini dengan baik.

5. Madha Christian Wibowo, S.Kom selaku dosen wali dan para dosen lainnya yang telah membantu penulis jika mengalami berbagai macam kesulitan sehingga penulis dapat termotivasi untuk terus berusaha hingga Tugas Akhir ini terlaksana sesuai dengan harapan.
6. Kedua orang tua penulis, dan keluarga yang selalu memberi semangat, dan memberi motivasi kepada penulis agar penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
7. Teman-teman penulis Lailatul, Dani, Riadi, Fauzi, Adam, dan Frans yang telah mendampingi dan memberi tempat saat penulis membutuhkan yang juga membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.

Banyak hal dalam laporan Tugas Akhir ini yang masih perlu diperbaiki lagi. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membangun dari semua pihak agar dapat menyempurnakan penulisan ini kedepannya. Penulis juga memohon maaf yang sebesar-besarnya jika terdapat kata-kata yang salah serta menyinggung perasaan pembaca. Akhir kata penulis ucapkan banyak-banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada para pembaca, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Surabaya, 25 Februari 2015

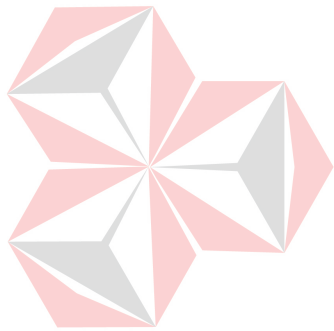
Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| JUDUL .....   | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN .....   | vi   |
| ABSTRAK .....   | viii |
| KATA PENGANTAR .....  | ix   |
| DAFTAR ISI .....  | xi   |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xiv  |
| DAFTAR TABEL .....  | xvi  |
| BAB I.PENDAHULUAN .....   | 1    |
| 1.1. Latar Belakang .....   | 1    |
| 1.2. Rumusan Masalah .....  | 3    |
| 1.3. Batasan Masalah .....  | 3    |
| 1.4. Tujuan .....   | 3    |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....                                  | 4    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                       | 8    |
| 2.1 Mikrotik Router OS .....                                      | 8    |
| 2.2 Mikrotik RouterBoard RB750 .....                              | 8    |
| 2.3 Fitur Mikrotik .....  | 9    |
| 2.4 Definisi MPLS ( <i>Multi Protocol Label Switching</i> ) ..... | 12   |
| 2.5 Komponen MPLS .....   | 12   |
| 2.5.1 Label Switched Path (LSP) .....                             | 12   |
| 2.5.2 Label Switching Router (LSR) .....                          | 13   |
| 2.5.3 Label Edge Router (LER) .....                               | 15   |
| 2.5.4 Forward Equivalent Class (FEC) .....                        | 15   |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.5.5 Label .....  | 16        |
| 2.5.6 Label Distribution Protocol (LDP) .....                  | 18        |
| 2.5.7 Header MPLS .....  | 19        |
| 2.6 QOS (Quality Of Service).....                              | 20        |
| 2.7 Routing.....   | 23        |
| 2.8 OSPF .....   | 24        |
| 2.9 Trafik Bursty .....  | 25        |
| <b>BAB III. METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN SISTEM .....</b> | <b>27</b> |
| 3.1 Metode Penelitian .....                                    | 27        |
| 3.2 Desain Topologi Jaringan .....                             | 28        |
| 3.2.1 Routing.....   | 33        |
| 3.2.2 Teknologi MPLS .....                                     | 34        |
| 3.3 Instalasi Wireshark.....                                   | 34        |
| 3.4 Analisis QoS.....  | 35        |
| 3.5 Pengujian .....  | 36        |
| <b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                      | <b>37</b> |
| 4.1. Kebutuhan Hardware dan Software .....                     | 37        |
| 4.1.1 Kebutuhan Hardware .....                                 | 37        |
| 4.1.2 Kebutuhan Software .....                                 | 37        |
| 4.2. Implementasi dan Analisis .....                           | 38        |
| 4.2.1 Analisis Bandwidth 1 .....                               | 38        |
| 4.2.2 Analisis Bandwidth 2 .....                               | 47        |
| 4.2.3 Analisis Bandwidth 3 .....                               | 57        |

|   |    |
|---|----|
| 4.2.4 Analisa <i>delay</i> , <i>jitter</i> , <i>throughput</i> , dan <i>packet loss</i> pada file<br>audio dan video dengan bandwidth beragam ..... | 66 |
| BAB V.KESIMPULAN DAN SARAN.....   | 76 |
| 5.1. Kesimpulan .....   | 76 |
| 5.2. Saran .....  | 77 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 85 |



UNIVERSITAS  
**Dinamika**

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2.1 Mikrotik RouterBoard RB750.....                  | 8  |
| Gambar 2.2 Format Label Generik MPLS .....                  | 17 |
| Gambar 2.3 <i>Header</i> MPLS .....                         | 19 |
| Gambar 2.4 Gambar Model burst.....                          | 26 |
| Gambar 3.1 Gambar blok diagram.....                         | 27 |
| Gambar 3.2 Gambar topologi Jaringan MPLS.....               | 29 |
| Gambar 3.3 Flowchat pengambilan data .....                  | 31 |
| Gambar 3.4 Tampilan Wireshark .....                         | 35 |
| Gambar 4.1 Grafik perbandingan delay file audio.....        | 39 |
| Gambar 4.2 Grafik perbandingan delay file video.....        | 40 |
| Gambar 4.3 Grafik perbandingan jitter file audio.....       | 41 |
| Gambar 4.4 Grafik perbandingan jitter file video.....       | 43 |
| Gambar 4.5 Grafik perbandingan throughput file audio.....   | 44 |
| Gambar 4.6 Grafik perbandingan throughput file video.....   | 45 |
| Gambar 4.7 Grafik perbandingan packet loss file audio.....  | 46 |
| Gambar 4.8 Grafik perbandingan packet loss file video.....  | 47 |
| Gambar 4.9 Grafik perbandingan delay file audio.....        | 48 |
| Gambar 4.10 Grafik perbandingan delay file video.....       | 49 |
| Gambar 4.11 Grafik perbandingan jitter file audio.....      | 51 |
| Gambar 4.12 Grafik perbandingan jitter file video.....      | 52 |
| Gambar 4.13 Grafik perbandingan throughput audio .....      | 53 |
| Gambar 4.14 Grafik perbandingan throughput file video.....  | 54 |
| Gambar 4.15 Grafik perbandingan packet loss file audio..... | 55 |

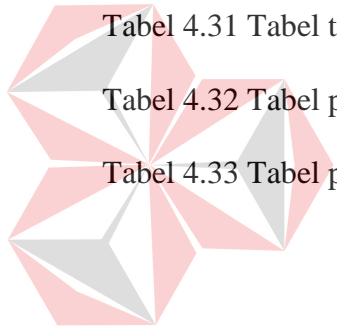
|   |    |
|---|----|
| Gambar 4.16 Grafik perbandingan packet loss file video.....             | 56 |
| Gambar 4.17 Grafik perbandingan delay file audio.....                   | 57 |
| Gambar 4.18 Grafik perbandingan delay file video.....                   | 58 |
| Gambar 4.19 Grafik perbandingan jitter file audio.....                  | 60 |
| Gambar 4.20 Grafik perbandingan jitter file video.....                  | 61 |
| Gambar 4.21 Grafik perbandingan throughput file audio.....              | 62 |
| Gambar 4.22 Grafik perbandingan throughput file video.....              | 63 |
| Gambar 4.23 Grafik perbandingan packet loss file audio.....             | 65 |
| Gambar 4.24 Grafik perbandingan packet loss file video.....             | 65 |
| Gambar 4.25 Grafik delay file audio dengan bandwidth beragam .....      | 67 |
| Gambar 4.26 Grafik delay file video dengan bandwidth beragam .....      | 67 |
| Gambar 4.27 Grafik jitter file audio dengan bandwidth beragam .....     | 68 |
| Gambar 4.28 Grafik jitter file video dengan bandwidth beragam .....     | 69 |
| Gambar 4.29 Grafik throughput file audio dengan bandwith beragam .....  | 70 |
| Gambar 4.30 Grafik throughput file video dengan bandwith beragam .....  | 71 |
| Gambar 4.31 Grafik packet loss file audio dengan bandwith beragam ..... | 72 |
| Gambar 4.32 Grafik packet loss file video dengan bandwith beragam ..... | 73 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 3.1 Tabel pengalamatan .....                         | 28 |
| Tabel 3.2 Tabel bandwidth dan file teknologi MPLS .....    | 32 |
| Tabel 3.3 Tabel bandwidth dan file teknologi OSPF .....    | 32 |
| Tabel 4.1 Tabel parameter.....                             | 38 |
| Tabel 4.2 Tabel perbandingan delay file audio.....         | 38 |
| Tabel 4.3 Tabel perbandingan delay file video .....        | 39 |
| Tabel 4.4 Tabel perbandingan jitter file audio .....       | 41 |
| Tabel 4.5 Tabel perbandingan jitter file video .....       | 42 |
| Tabel 4.6 Tabel perbandingan throughput file audio .....   | 43 |
| Tabel 4.7 Tabel perbandingan throughput file video .....   | 44 |
| Tabel 4.8 Tabel perbandingan packet loss file audio.....   | 46 |
| Tabel 4.9 Tabel perbandingan packet loss file video.....   | 46 |
| Tabel 4.10 Tabel perbandingan delay file audio.....        | 47 |
| Tabel 4.11 Tabel perbandingan delay file video.....        | 49 |
| Tabel 4.12 Tabel perbandingan jitter file audio .....      | 50 |
| Tabel 4.13 Tabel perbandingan jitter file video .....      | 51 |
| Tabel 4.14 Tabel perbandingan throughput audio .....       | 53 |
| Tabel 4.15 Tabel perbandingan throughput file video .....  | 54 |
| Tabel 4.16 Tabel perbandingan packet loss file audio.....  | 55 |
| Tabel 4.17 Tabel perbandingan packet loss file video ..... | 56 |
| Tabel 4.18 Tabel perbandingan delay file audio.....        | 57 |
| Tabel 4.19 Tabel perbandingan delay file video.....        | 58 |
| Tabel 4.20 Tabel perbandingan jitter file audio .....      | 59 |



|   |    |
|---|----|
| Tabel 4.21 Tabel perbandingan jitter file video .....                     | 61 |
| Tabel 4.22 Tabel perbandingan throughput file audio .....                 | 62 |
| Tabel 4.23 Tabel perbandingan throughput file video .....                 | 63 |
| Tabel 4.24 Tabel perbandingan packet loss file audio .....                | 64 |
| Tabel 4.25 Tabel perbandingan packet loss file video .....                | 65 |
| Tabel 4.26 Tabel delay file audio dengan bandwidth beragam .....          | 66 |
| Tabel 4.27 Tabel delay file video dengan bandwidth beragam .....          | 68 |
| Tabel 4.28 Tabel jitter file audio dengan bandwidth beragam.....          | 68 |
| Tabel 4.29 Tabel jitter file video dengan bandwidth beragam.....          | 69 |
| Tabel 4.30 Tabel throughput dengan file audio dengan bandwidth beragam .. | 70 |
| Tabel 4.31 Tabel throughput dengan file video dengan bandwidth beragam .. | 71 |
| Tabel 4.32 Tabel packet loss file audio dengan bandwidth beragam .....    | 72 |
| Tabel 4.33 Tabel packet loss file video dengan bandwidth beragam .....    | 73 |



UNIVERSITAS  
Dinamika

# BAB I

## PENDAHULUAN

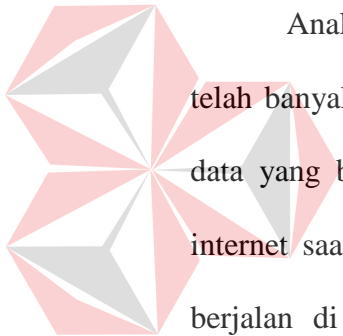
### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan layanan internet berkembang cepat seiring berjalannya waktu. Perkembangan ini tidak lepas dari banyaknya penelitian mengenai layanan internet. Penelitian dikembangkan dengan tujuan dapat menyediakan layanan yang dibutuhkan. MPLS (*Multi Protocol Label Swicthing*) adalah arsitektur *network* yang didefinisikan oleh IETF untuk memadukan mekanisme *label swapping* di layer 2 dengan *routing* di layer 3 untuk mempercepat pengiriman paket. Dengan adanya MPLS tersebut diharapkan dapat memiliki layanan yang lebih baik dari sisi sampainya data.

Trafik internet merupakan hal yang sangat penting untuk mengetahui *performance* layanan internet. Ada dua tipe pola trafik yang dapat kita ketahui dalam jaringan komputer yaitu kontinyu dan *bursty*. Transmisi *bursty* memperlihatkan pola yang bergejolak dan tidak dapat diprediksi dengan lonjakan – lonjakan mendadak pada volume trafik (Tittel, 2004). Menurut Adnan (2013) TCP merupakan protokol yang 75% banyak digunakan untuk layanan internet saat ini.

Beberapa *paper* terkait analisa QoS pada jaringan MPLS oleh Hariawan (2011) *Melakukan Study Analisis QoS Pada Jaringan Multimedia MPLS*, menurut M Yanuar Hariawan setelah dilakukan pengujian dan analisa

pada jaringan MPLS dan jaringan TCP/IP, kecepatan yang diperlukan data untuk sampai ke tujuan dengan menggunakan jaringan MPLS lebih cepat daripada paket video yang dilewatkan melalui jaringan IP dari pengujian terminal video streamingnya. Imas Dwi Rahmawati (2010) *Analisa QoS Pada Jaringan MPLS IPv6 Berbasis Routing OSPF*, mengatakan delay yang terjadi pada jaringan MPLS lebih besar dari pada delay OSPF. Paper dari Kawula Firdaus (2009) yaitu *Penerapan Teknologi Multi-Protocol Label Switching Pada Jaringan Computer* melakukan implementasi teknologi MPLS pada jaringan komputer.



Analisis QoS pada MPLS untuk trafik data *streaming* audio video telah banyak dibahas dalam penelitian – penelitian terdahulu. Padahal trafik data yang bersifat *bursty*, merupakan trafik data yang mendominasi trafik internet saat ini. Hal ini ditandai dengan banyaknya aplikasi internet yang berjalan di atas protokol TCP. Karena itu dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis trafik data bursty yang diimplementasikan pada jaringan MPLS.

Dalam tugas akhir ini akan dilakukan implementasi dan analisis QoS pada MPLS untuk trafik data *bursty*. Dengan dilakukannya implementasi dan analisis QoS pada MPLS untuk trafik data *bursty* ini diharapkan dapat dijadikan referensi untuk pemanfaatan jaringan MPLS lebih lanjut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengimplementasikan protokol *Multi Protocol Label Switching* pada mikrotik router?
2. Bagaimana menganalisis QoS trafik data *bursty* pada protokol *Multi Protocol Label Switching* dalam hal *jitter, delay, troughput, dan packet loss* dengan menggunakan router mikrotik?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang lebih luas, maka penelitian ini hanya ditentukan pada ruang lingkup tertentu, antara lain :

1. Penelitian akan menggunakan 3 router mikrotik Routerboard RB750.
2. Media penghubung yang digunakan adalah media kabel *Ethernet* UTP.
3. Pengujian akan dilakukan dengan menggunakan *networking analisist tools* seperti *wireshark*.
4. Pengujian tidak dilakukan pada jaringan ip public.

## 1.4 Tujuan

Tujuan dalam membuat penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan implementasi jaringan *Multi-Protocol Label Switching (MPLS)* berbasis mikrotik.

2. Melakukan pengujian QoS trafik data *bursty* pada jaringan *Multi Protocol Label Switching* dalam hal *jitter*, *delay*, *throughput*, dan *packet loss* agar bisa diketahui unjuk kerja dari sistem tersebut.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini akan disusun secara sistematika dalam lima bab yang masing – masing terdiri dari beberapa sub bab untuk memperjelas permasalahan yang dibahas.

Berikut ini adalah urutan bab yang akan disusun dimulai dari bab awal

hingga bab akhir :



## UNIVERSITAS Dinamika : PENDAHULUAN

Pada bab 1 dijelaskan mengenai uraian secara umum tentang latar belakang masalah, inti dari permasalahan yang ada pada perumusan masalah, pembatasan masalah yang menjelaskan tentang batasan – batasan yang dibuat dari studi analisa QoS pada jaringan MPLS, sehingga tidak keluar dari pembahasan, tujuan dari penelitian berupa harapan dari hasil yang akan dicapai.

## BAB II : DASAR TEORI

Pada bab 2 dijelaskan landasan teori dari poin – poin penting yang digunakan dalam tugas akhir ini. Diantaranya

adalah Mikrotik router OS merupakan operating system yang digunakan oleh mikrotik, mikrotik routerboard merupakan perangkat yang digunakan untuk menghubungkan jaringan yang berbeda, definisi MPLS menerangkan teknologi MPLS pada jaringan komputer, komponen MPLS merupakan beberapa fitur yang dimiliki oleh MPLS itu sendiri, Quality of Service , definisi OSPF menerangkan teknologi OSPF pada jaringan komputer , wireshark merupakan network analysis tool untuk membantu menangkap data yang ditransmisikan oleh jaringan, File Zilla merupakan salah satu aplikasi protokol TCP yang digunakan dalam penelitian ini.



### **BAB III**

### **: PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI**

Pada bab 3 dijelaskan rancangan jaringan MPLS yang akan dibuat dan disertai metode pengukuran parameter QoS. Bab ini akan menjelaskan tentang topologi yang akan digunakan, instalasi system dengan konfigurasinya meliputi instalasi router mikrotik sampai instalasi *PC Server* dan *PC Client*

## BAB IV : DATA DAN ANALISA

Pada bab 4 akan membahas penelitian yang dilakukan antara lain membahas kebutuhan software yang digunakan pada penelitian, membahas kebutuhan hardware yang digunakan pada penelitian. membahas implementasi dan analisis pada penelitian. Pembahasan tersebut diantaranya adalah :

- a. Membahas tabel parameter yang digunakan pada penelitian.
- b. Membahas analisa kinerja protokol MPLS dan OSPF dari parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dengan besar parameter :

- *Bandwidth 1*, ukuran *bandwidth* 1 sebesar 128 kbps. Membahas analisa parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dengan besar parameter file audio 919 KB, 5.363 KB, 10.933 KB dan file video 5.044 KB, 12.105 KB, 15.449 KB.
- *Bandwidth 2*, ukuran *bandwidth* sebesar 256 kbps. Membahas analisa parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* dengan besar parameter file audio 919 KB, 5.363 KB, 10.933 KB dan file video 5.044 KB, 12.105 KB, 15.449 KB.



UNIVERSITAS  
Dinamika

- *Bandwidth* 3, dengan ukuran *bandwidth* sebesar 512 kbps. Membahas analisa parameter *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss* terhadap ketiga *bandwidth* untuk file audio dan video.

## **BAB V : PENUTUP**

Pada bab 5 akan dibahas kesimpulan yang didapat dari pengambilan data dan analisa pada bab 4 yang dijadikan acuan untuk pemanfaatan jaringan MPLS yang lebih baik dengan menggunakan QoS.



UNIVERSITAS  
**Dinamika**



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Mikrotik Router OS

Mikrotik Router OS merupakan sistem operasi Linux Base yang diperuntukkan sebagai *network router*. Mikrotik RouterOS didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunaanya. Administrasinya bisa dilakukan melalui Windows Application (WinBox). Selain itu instalasi dapat dilakukan pada standard komputer PC (*Personal Computer*). PC yang akan dijadikan *router* mikrotik pun tidak memerlukan *resource* yang cukup besar untuk penggunaan standard, misalnya hanya sebagai *gateway*. Untuk keperluan beban yang besar (*network* yang kompleks dan *routing* yang rumit) disarankan untuk mempertimbangkan pemilihan *resource* PC yang memadai. (Handriyanto, 2009)

#### 2.2 Mikrotik RouterBoard RB750



Gambar 2.1 Mikrotik Routerboard RB750 ([routerboard.com/rb750](http://routerboard.com/rb750))

Mikrotik router board RB750 merupakan router dengan kemampuan dapat mengganti PC *Server*. Didalamnya sudah ter-*install* Mikrotik Router OS berlisensi yang dapat dikonfigurasi untuk mengatur *bandwith*, memblokir *user*, serta membuat *billing hotspot*. Lima buah port *ethernet* secara *flexibel* dapat dikonfigurasi sesuai dengan keinginan.

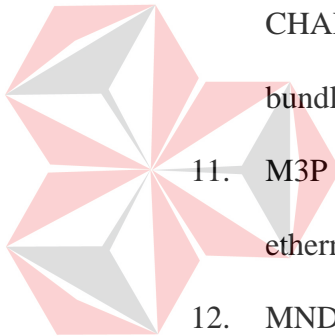
### 2.3 Fitur Mikrotik

Berikut ini merupakan beberapa fitur dari mikrotik, diantaranya adalah :

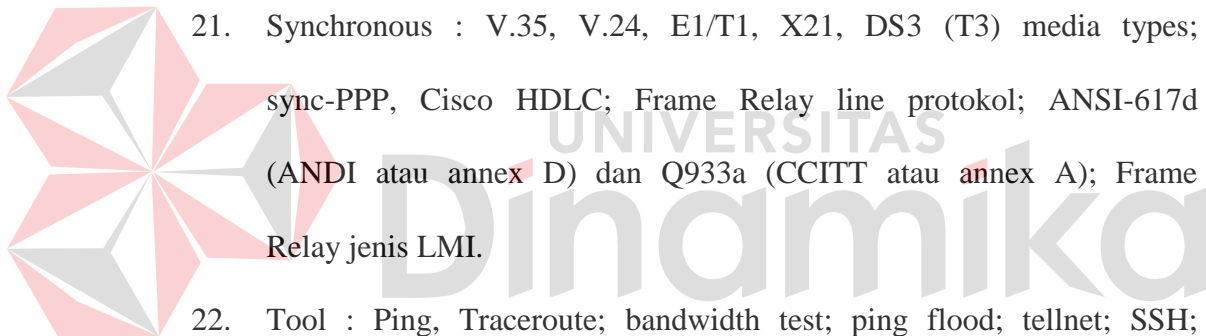
1. Address List : Pengelompokan IP Address berdasarkan nama.
2. Asynchronous : Mendukung serial PPP dial-in / dial-out, dengan otentikasi CHAP, PAP, MSCHAPv1 dan MSCHAPv2, Radius, dial on demand, modem pool hingga 128 ports.
3. Bonding : Mendukung dalam pengkombinasian beberapa antar muka ethernet ke dalam 1 pipa pada koneksi cepat.
4. Bridge : Mendukung fungsi bridge spinning tree, multiple bridge interface, bridging firewalling.
5. Data Rate Management : QoS berbasis HTB dengan penggunaan burst, PCQ, RED, SFQ, FIFO queue, CIR, MIR, limit antar peer to peer.
6. DHCP : Mendukung DHCP tiap antarmuka; DHCP Relay; DHCP Client, multiple network DHCP; static dan dynamic DHCP leases.
7. Firewall dan NAT : Mendukung pemfilteran koneksi peer to peer, source NAT dan destination NAT. Mampu memfilter berdasarkan

MAC, IP address, range port, protokol IP, pemilihan opsi protokol seperti ICMP, TCP Flags dan MSS.

8. Hotspot : Hotspot gateway dengan autentikasi RADIUS. Mendukung limit data rate, SSL ,HTTPS.
9. IPSec : Protokol AH dan ESP untuk IPSec; MODP Diffie-Hellmann groups 1, 2, 5; MD5 dan algoritma SHA1 hashing; algoritma enkripsi menggunakan DES, 3DES, AES-128, AES-192, AES-256; Perfect Forward Secrecy (PFS) MODP groups 1, 2,5
10. ISDN : mendukung ISDN dial-in/dial-out. Dengan autentikasi PAP, CHAP, MSCHAPv1 dan MSCHAPv2, Radius. Mendukung 128K bundle, Cisco HDLC, x751, x75ui, x75bui line protokol.
11. M3P : MikroTik Protokol Paket Packer untuk wireless links dan ethernet.
12. MNDP : MikroTik Discovery Neighbour Protocol, juga mendukung Cisco Discovery Protokol (CDP).
13. Monitoring / Accounting : Laporan Traffic IP, log, statistik graph yang dapat diakses melalui HTTP.
14. NTP : Network Time Protocol untuk server dan clients; sinkronisasi menggunakan system GPS.
15. Poin to Point Tunneling Protocol : PPTP, PPPoE dan L2TP Access Concentrator; protokol autentikasi menggunakan PAP, CHAP, MSCHAPv1, MSCHAPv2; autentikasi dan laporan Radius; enkripsi MPPE; kompresi untuk PPoE; limit data rate.



16. Proxy : Cache untuk FTP dan HTTP proxy server, HTTPS proxy; transparent proxy untuk DNS dan HTTP; mendukung protokol SOCKS; mendukung parent proxy; static DNS.
17. Routing : Routing static dan dinamic; RIP v1/v2, OSPF v2, BGP v4.
18. SDSL : Mendukung Single Line DSL; mode pemutusan jalur koneksi dan jaringan.
19. Simple Tunnel : Tunnel IPIP dan EoIP (Ethernet over IP).
20. SNMP : Simple Network Monitoring Protocol mode akses readonly.
21. Synchronous : V.35, V.24, E1/T1, X21, DS3 (T3) media types; sync-PPP, Cisco HDLC; Frame Relay line protokol; ANSI-617d (ANDI atau annex D) dan Q933a (CCITT atau annex A); Frame Relay jenis LMI.
22. Tool : Ping, Traceroute; bandwidth test; ping flood; telnet; SSH; packet sniffer; Dinamic DNS update.
23. UPnP : Mendukung antarmuka Universal Plug dan Play.
24. VLAN : Mendukung Virtual LAN IEEE 802.1q untuk jaringan ethernet dan wireless; multiple VLAN; VLAN bridging.
25. VoIP : Mendukung aplikasi voice over IP.
26. VRRP : Mendukung Virtual Router Redudant Protocol.
27. WinBox : Aplikasi mode GUI untuk remote dan melakukan konfigurasi
28. MikroTik Router OS. (Rahmawati, 2009)



## 2.4 Definisi MPLS (*Multi Protocol Label Switch*)

MPLS adalah salah satu protocol internet yang digunakan pada teknologi WAN (*Wide Area Network*) untuk menghubungkan paket data pada jaringan backbone berkecepatan tinggi, protocol ini memperbaiki kinerja dari protocol ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) dan protocol IP (*Internet Protocol*) yang merupakan protocol internet saat ini dengan cara menggabungkan kelebihan dari kedua protocol tersebut. MPLS adalah teknologi baru yang diharapkan digunakan untuk banyak jaringan masa depan, termasuk pada kombinasi jaringan data dan suara. Fungsi label pada MPLS adalah sebagai proses penyambungan dan pencarian jalur dalam jaringan komputer. suatu metode pengiriman paket data melalui suatu jaringan dengan konsep *Label Switching*, yaitu dengan menambahkan sebuah label independen dan unik di deretan paket data (paket IP). Fungsi dari *label* ini adalah sebagai proses penyambungan dan pencarian jalur dalam jaringan komputer. MPLS menggabungkan teknologi *switching* di *layer 2* dan teknologi *routing* di *layer 3* sehingga menjadi solusi jaringan terbaik dalam menyelesaikan masalah kecepatan, *scalability*, QoS (*Quality of Service*). (Hariyawan, 2011)

## 2.5 Komponen MPLS

### 2.5.1 Label Switched Path (LSP)

Label Switched Path (LSP) merupakan jalur yang melalui satu atau serangkaian Label Switch Router (LSR) dimana paket diteruskan

oleh *label swapping* dari satu MPLS *node* ke MPLS *node* yang lain. Pada domain MPLS, suatu lintasan di *set-up* dengan tujuan untuk mengirim paket yang didasarkan pada sebuah FEC. (Ayu, 2010)

MPLS menyediakan dua pilihan cara yang dapat dilakukan untuk *set-up* suatu LSP, yaitu:

a. *Hop-by-Hop Routing*

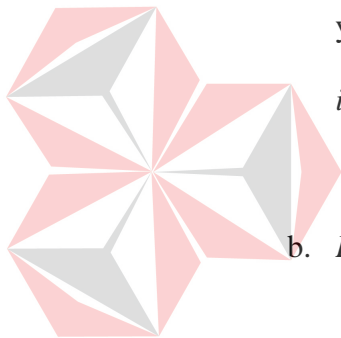
Tiap-tiap LSR secara terpisah memilih *hop* selanjutnya yang akan diberi FEC. LSR menggunakan beberapa *protocol routing* yang tersedia, seperti OSPF, ATM *private-network-to-network interface* (PNNI).

b. *Explicit Routing*

*Explicit routing* hampir sama dengan *source routing*, dimana *ingress* LSR, yaitu LSR tempat terjadinya aliran data yang pertama menuju jaringan, merinci daftar *node* yang akan dilalui oleh LER-LSP.

## 2.5.2 Label Switching Router (LSR)

Sebuah *router* yang terdapat pada inti jaringan MPLS yang berperan dalam menetapkan LSP dengan menggunakan teknik *label signalling* dengan kecepatan yang telah ditetapkan. Dalam fungsi pengaturan trafik, LSR dapat dibagi dua, yaitu :



UNIVERSITAS  
Dinamika

- a. *Ingress LSR* : berfungsi mengatur trafik saat paket memasuki jaringan MPLS.
- b. *Egress LSR* : berfungsi untuk mengatur trafik saat paket meninggalkan jaringan MPLS menuju ke LER

Dalam arsitektur jaringan MPLS, sebuah LSR yang merupakan tujuan atau *hop* selanjutnya akan mengirimkan informasi tentang ikatan sebuah *label* ke LSR yang sebelumnya dengan cara mengirimkan pesan untuk mengikat *label* tersebut pada rute pakatnya. Teknik ini biasa disebut distribusi *label downstream on demand*. Mekanisme *signalling* yang berlaku pada MPLS adalah sebagai berikut:

#### 1. *Label Request*

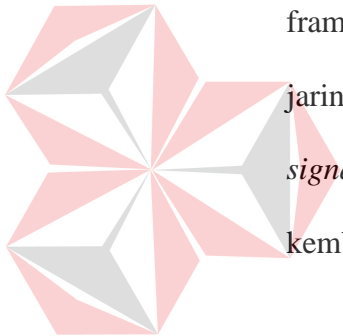
Dengan menggunakan mekanisme ini sebuah LSR meminta sebuah label dari LSR *downstream* terdekat sehingga dapat diikatkan pada FEC khusus.

## 2. *Label Mapping*

Sebagai respon dari permintaan label, LSR *downstream* akan mengirimkan label pada LSR *upstream* yang memulai dengan menggunakan mekanisme pemetaan.

### 2.5.3 Label Edge Router (LER)

LER merupakan peralatan yang beroperasi pada jaringan akses dan jaringan MPLS. LER mempunyai kemampuan untuk dihubungkan dengan jaringan yang tidak sama atau sejenis, seperti frame relay, ATM dan Ethernet, dan meneruskan trafik tersebut ke jaringan MPLS setelah pembentukan LSP, dengan menggunakan *label signalling protocol* pada *ingress* LSR dan mendistribusikan trafik kembali menuju jaringan akses pada bagian *egress* LSR.



### 2.5.4 Forward Equivalence Class (FEC)

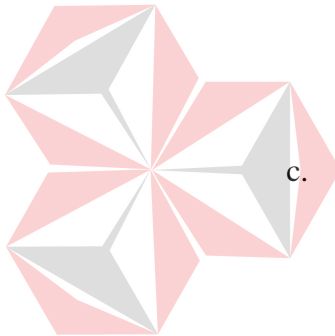
*Forward Equivalence Class* (FEC) merupakan representasi dari beberapa paket data yang diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan *resource* yang sama di dalam proses pertukaran data. Klasifikasi pada FEC didasarkan pada beberapa parameter, yaitu: *address prefix*, *host address*, dan *Quality of Service* (QoS).



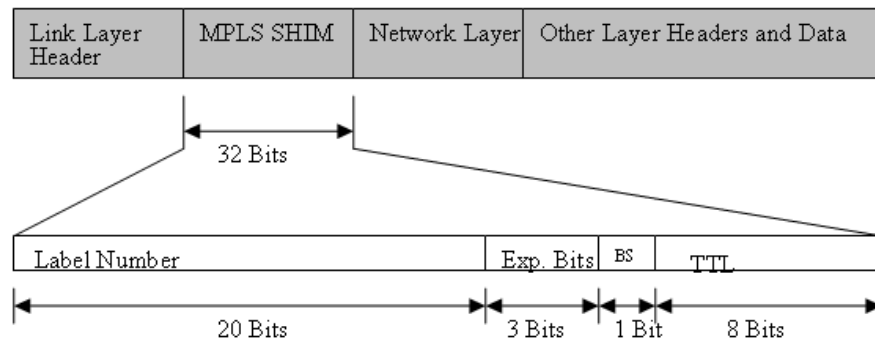
### 2.5.5 Label

*Label* merupakan deretan bit informasi yang ditambahkan pada *header* suatu paket data dalam jaringan MPLS. *Label* MPLS atau yang disebut juga MPLS *header* ini terletak diantara *header layer* dua dan *header layer* tiga. Dalam proses pembuatan *label* ada beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu :

- a. Metode berdasarkan topologi jaringan, yaitu dengan menggunakan *protocol* IP - *routing* seperti OSPF dan BGP.
- b. Metode berdasarkan kebutuhan *resource* suatu paket data, yaitu dengan menggunakan *protocol* yang dapat mengontrol trafik suatu jaringan seperti RSVP (*Resource Reservation Protocol*).
- c. Metode berdasarkan besar trafik pada suatu jaringan, yaitu dengan menggunakan metode penerimaan paket dalam menentukan tugas dan distribusi sebuah *label*<sup>[1]</sup>.



Label dalam bentuk yang paling sederhana mengidentifikasi lintasan yang seharusnya dilalui oleh suatu paket data. Suatu label dibawa atau dibungkus pada *header layer* dua disepanjang paket. *Router* penerima selanjutnya akan mempelajari isi dari *label* paket data yang diterima dan menentukan *hop* selanjutnya yang akan dilalui oleh paket data tersebut.



Gambar 2.2 Format Label Generik MPLS (Hiremath,2008)

Format *label generik* MPLS seperti ditunjukkan pada gambar diatas. MPLS *label stack* mempunyai 32 bit, yang terbagi atas 20 bit *label*, 3 bit tambahan untuk *experimentation* (misal: untuk menunjukkan antrian (*queuing*) dan penjadwalan (*scheduling*) pengiriman paket). Delapan bit sebagai *time-to-live* (TTL) yang ditentukan untuk membantu dalam pendeteksian dan penghentian *looping* dari paket-paket MPLS. TTL di-*setting* dengan nilai tertentu pada permulaan pembentukan LSP, dan nilai tersebut akan berkurang satu per satu pada setiap *label switch*, dan akan membatalkan paket jika nilai TTL mencapai angka nol. Satu bit terakhir yaitu sebagai *flag* dari *bottom of label stack*, dimana harus di-*setting* satu sebelum original paket.

### 2.5.6 Label Distribution Protocol (LDP)

Protokol baru yang berfungsi untuk mendistribusikan informasi pada *label* ke setiap LSR pada jaringan MPLS. *Protocol* ini digunakan untuk memetakan FEC ke dalam *label*, untuk selanjutnya akan dipakai untuk menentukan LSP. LDP *message* dapat dikelompokkan menjadi :

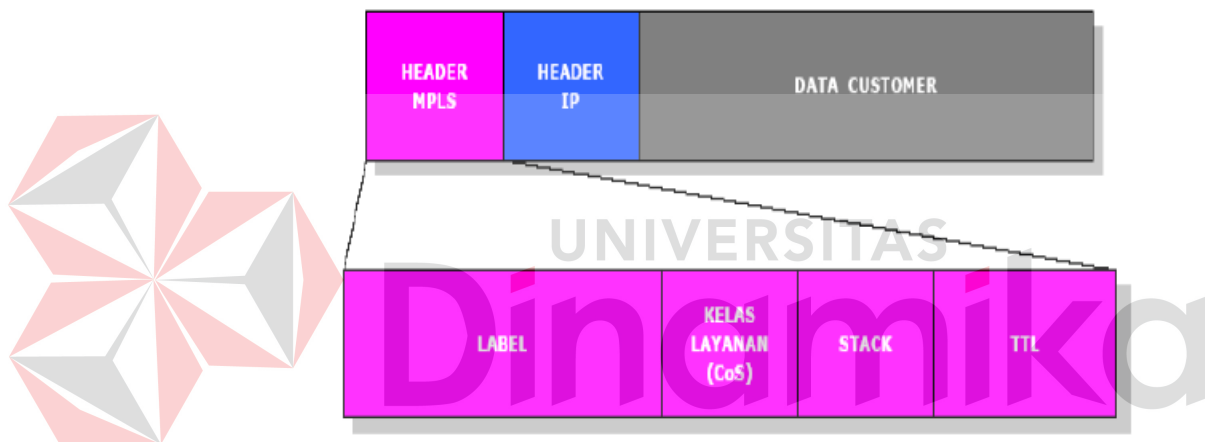
- a. *Discovery Messages*, yaitu pesan yang memberitahukan dan memelihara hubungan dengan LSR yang baru tersambung ke jaringan MPLS.
- b. *Session Messages*, yaitu pesan untuk membangun, memelihara dan mengakhiri sesi antara titik LDP.
- c. *Advertisement Messages*, yaitu pesan untuk membuat, mengubah dan menghapus pemetaan label pada jaringan MPLS.
- d. *Notification Messages*, yaitu pesan yang menyediakan informasi bantuan dan sinyal informasi jika terjadi *error*.

Pada distribusi suatu *label* dalam MPLS diselesaikan dalam beberapa cara, yaitu:

1. Perluasan *protocol routing* seperti OSPF untuk mendukung distribusi *label*.
2. Pemakaian mekanisme *signalling* RSVP untuk mendeteksi *label* yang ter-*mapping* pada aliran RSVP.
3. Pemakaian LDP sebagaimana terdefiniskan oleh IETF.

### 2.5.7 Header MPLS

MPLS memiliki *header* yang disebut *header MPLS*, dengan memasang *header MPLS* ini, maka MPLS hanya melakukan paket IP. *Header MPLS* ini terdiri dari 20 bit untuk label, 2 bit untuk eksperimen, 1 bit untuk identifikasi *stack* serta 8 bit untuk TTL, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.3 *Header MPLS* (Ramdhani,2014)

Keterangan :

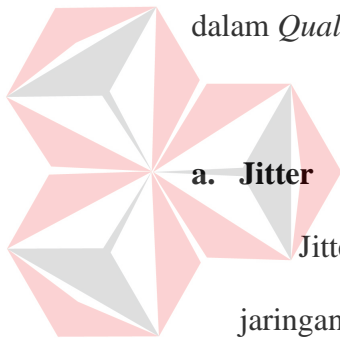
1. *20-bit label value* : Suatu bidang *label* yang berisi nilai yang nyata dari MPLS *label*. algoritma paket data yang tidak diperlukan.
3. *1-bit bo*
2. *3-bit field CoS* : Suatu bidang CoS yang dapat digunakan untuk mempengaruhi antrian paket data dan *ttom of stack flag* : Jika 1 bit

di-setting, maka ini menandakan *label* yang sekarang adalah *label* yang terakhir. Suatu bidang yang mendukung hierarki *label stack*.

4. *8-bit TTL (time to live) field*. Untuk 8 bit data yang bekerja.

## 2.6 QoS (Quality of Service)

QoS adalah kemampuan dalam menjamin pengiriman arus data penting atau dengan kata lain kumpulan dari berbagai kriteria performansi yang menentukan tingkat kepuasan penggunaan suatu layanan *Networking Manager* membutuhkan QoS. Berikut ini adalah istilah – istilah yang ada dalam *Quality of Service* :



### a. Jitter

Jitter adalah variasi dari latency yang ada, jika jitter pada suatu traffic jaringan besar maka akan sangat berpengaruh terhadap layanan yang sensitive (Chadda, 2004). Jadi semakin kecil nilai jitter maka akan memberikan kualitas layanan yang semakin baik pula. Terdapat formula untuk mengukur jitter dalam 5 macam tipe varian latency (constan, saw tooth, spike, step dan steps)(Chadda, 2004) yaitu :

$$\text{Jitter} = | \text{maks.latency} - \text{min.latency} |$$

Dimana :

Jitter = adalah nilai jitter

Latency = adalah nilai delay

### b. Delay

Latency didefinisikan sebagai waktu yang di perlukan suatu paket data untuk melakukan perjalanan dari sumber hingga sampai pada tujuan (Chadda, 2004).

### c. Troughput

*Troughput* adalah jumlah paket data yang mampu di transferkan sampai ke tujuan atau yang mampu di proses dalam waktu yang telah ditentukan. Banyak yang mengartikan bahwa jika kita memiliki sebuah jaringan misalkan dengan spesifikasi fast Ethernet (100Mbps) maka bandwidth yang dipakai adalah 100 Mbps, padahal belum tentu atau bahkan tidak demikian ada kenyataannya. Untuk melakukan pengukuran throughput dapat di definisikan sebagai berikut (Dewo, 2004) :

$$\text{Throughput} = \text{bits/s}$$

dimana :

bits : nilai besaran paket data

s : waktu yang diperlukan sebuah paket data untuk dikirim  
hingga sampai ke tujuan

#### d. Packet Loss

Hilangnya paket atau paket yang terjatuh pada saat proses transmisi data dari tujuan hingga sampai ke tujuan. Packet loss bisa disebabkan oleh sejumlah factor, termasuk degradasi sinyal melalui media jaringan, jaringan, jaringan menolak paket yang rusak dalam perjalanan, hardware jaringan rusak, driver jaringan rusak atau rutinitas routing. Ketika kita menggunakan TCP sebagai protokol transmisi, setiap packet loss yang muncul akan segera dilakukan proses packet recovery dimana penerima paket akan mengirimkan request terhadap packet data yang tidak dikenali dan nantinya juga akan berpengaruh terhadap penurunan besar throughput pada jaringan. Berbeda dengan TCP, UDP adalah protocol transport yang tidak memiliki kemampuan untuk merecovery paket data yang hilang.

Untuk mengetahui informasi mengenai packet loss kita membutuhkan bantuan protocol ICMP (Internet Control Message Protocol). Dimana tugas ICMP ini adalah untuk melengkapi kinerja internet protocol dalam melakukan transmisi data. ICMP akan memberikan informasi - informasi yang berisi segala yang terjadi pada network.

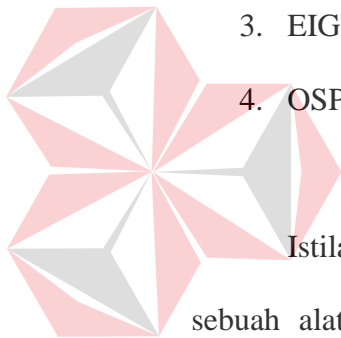
Untuk mengetahui besar packet loss ratio kita dapat menggunakan formula berikut (Dewo, 2003):

$$\text{Packet loss ratio} = \frac{\text{amount of lost packet}}{(\text{amount of lost packet} + \text{amount of packet received})}$$

## 2.7 Routing

Routing IP adalah Proses pemindahan paket dari satu network ke network lain dengan menggunakan router-router. Pada dasarnya sebuah routing protocol menentukan jalur (path) yang dilalui oleh sebuah paket melalui sebuah internetwork. Contoh dari routing protocol adalah (Ahdan, 2013).

1. RIP (Routing Internet Protocol)
2. IGRP (Interior Gateway Routing Protocol)
3. EIGRP (Enhanced Gateway Routing Protocol)
4. OSPF (Open Short Path First)



Istilah routing digunakan untuk proses pengambilan sebuah paket dari sebuah alat dan mengirimkannya melalui network ke alat lain di sebuah network yang berbeda. Apabila dalam sebuah network tidak memiliki router, maka tidak akan dapat melakukan routing. Routing melakukan routing lalu lintas data ke semua network di internetwork. Agar kita dapat melakukan routing paket, sebuah router harus mengetahui, hal-hal sebagai berikut :

1. alamat tujuan (Destination Address)
2. Router-router tetangga (neighbor router)
3. Route terbaik untuk setiap network remote.



## Jenis Jenis Routing Protocol

### 1. Routing Statis (*Static Routing*)

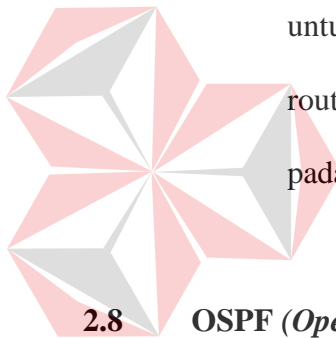
Routing statis terjadi jika kita secara manual menambahkan route-route di routing table dari setiap router.

### 2. Routing Default (*default Rouining*)

default routing mengirimkan paket-paket ke sebuah network tujuan yang remote yang tidak ada di routing table.

### 3. Routing Dinamis (*Dinamic Rouining*)

Routing dinamis adalah ketika routing protocol digunakan untuk menemukan network dan melakukan update routing table pada router karena secara otomatis akan mengupdate routing yang terdapat pada routing table



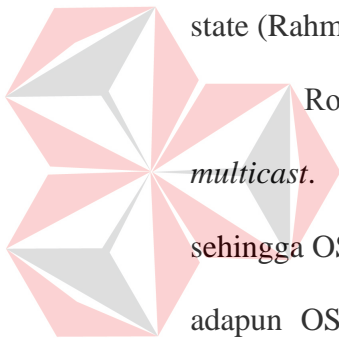
**2.8**

### OSPF (*Open Shortest Path First*)

Protokol yang paling diketahui dan paling luas menggunakan link state routing protocol. OSPF adalah standar pengembangan terbuka oleh Internet *Engineering Task Force* (IETF) sebagai alternatif dari RIP. OSPF meng-compile lengkap database topologi dari internetwork. Algoritma shortest path first (SPF), juga dikenal sebagai algoritma Dijkstra, yang digunakan untuk mengolah biaya yang paling sedikit untuk mencapai tujuan. Dimana RIP menghitung biaya hanya berdasarkan hitungan hop, OSPF dapat menghitung berdasarkan *metric* sebagai kecepatan link dan

realibility pada penambahan hitungan hop. Jika terjadi perubahan topologi terjadi routing updates dengan sistem flooded. (Rahmawati, 2009)

Tidak seperti RIP, OSPF dapat mendukung sebuah jaringan dengan diameter 65,535 (asumsi setiap link ditandai satu biaya). OSPF memancarkan multicast frames, mengurangi penggunaan CPU pada LAN. Secara hierarki membagi jaringan OSPF menjadi area, meringankan memory router dan CPU. Router dalam broadcast domain yang sama akan melakukan adjacencies untuk pendeteksi satu sama lainnya. Pendeteksian dilakukan dengan mendengarkan “*Hello Packet*”. Hal ini disebut two way state (Rahmawati, 2009).



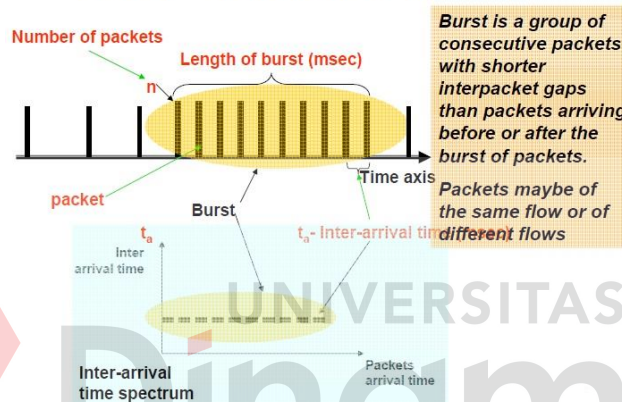
Router OSPF mengirimkan “Hello Packet” dengan cara unicast dan *multicast*. Alamat *multicast* 224.0.0.5 dan 224.0.0.6 digunakan OSPF, sehingga OSPF tidak menggunakan TCP atau UDP melainkan IP protocol 89. adapun OSPF yang digunakan pada IPv6 adalah OSPFv3 (*Open Shortest Path First* versi 3). (Rahmawati, 2009)

## 2.9 Trafik Bursty

Trafik bursty menurut Tittel (2004) didefinisikan sebagai ketiadaan transmisi dalam waktu yang cukup lama yang diselingi oleh lonjakan trafik secara mendadak untuk periode waktu yang relative singkat. Transmisi bursty memperlihatkan pola yang bergejolak dan tidak dapat diprediksi, dengan lonjakan – lonjakan mendadak pada volume trafik. (Tittel, 2004)

Definisi burst secara intuitive adalah, sebuah grup dari paket yang yang saling berturutan dengan celah antar paket yang pendek dari kedatangan sebelum dan sesudah paket burst (Krzanowski,2006). Dari penjelasan mengenai burst dapat dilihat pada gambar 2.7 mengenai bentuk dari paket burst.

### Burst – reference model



Gambar 2.4 Model burst (Krzanowski,2006)

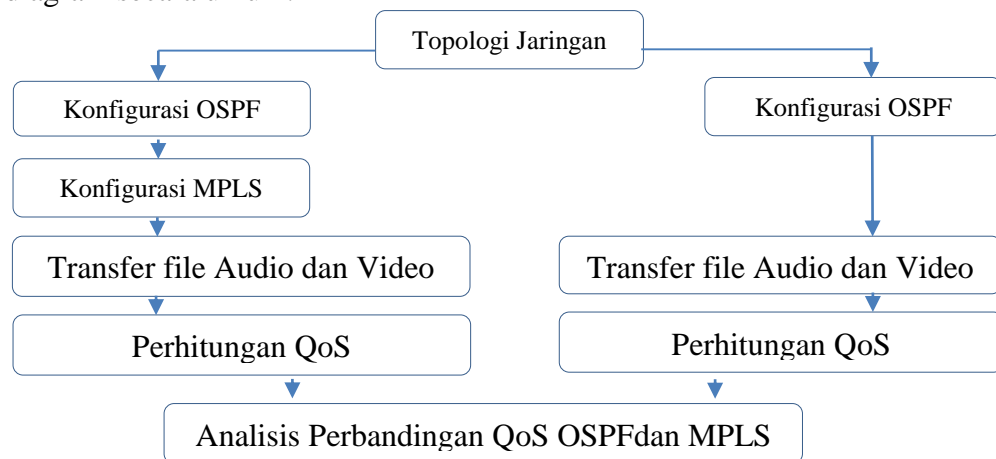
## BAB III

### METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN SISTEM

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah studi kepustakaan dan melakukan analisis *performance* dari *multi-protocol label switching*. Dengan ini penulis mengumpulkan data dan informasi serta materi dasar yang bersifat teoritis yang sesuai dengan permasalahan. Hal tersebut diperoleh dari buku, materi kuliah, jurnal dan literature dari internet.

Pada sub bab ini akan dibahas tentang perancangan sistem secara keseluruhan dari penelitian ini yaitu tentang implementasi dan analisis QoS pada MPLS untuk trafik data *bursty*. Adapun blok diagram keseluruhan sistem pada penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.1 blok diagram secara umum.



Gambar 3.1 Blok Diagram

Pada gambar 3.1 dapat dilihat bahwa secara umum penelitian ini dibagi menjadi 4 tahap. Tahap pertama penulis akan melakukan instalasi serta konfigurasi terhadap MPLS sampai semua router dapat mengenali router tetangganya, kemudian penulis akan melakukan pengambilan data dari PC ke PC lainnya sesuai dengan ketentuan.

Tahap kedua penulis akan melakukan pengambilan data performance dengan cara melakukan filter menggunakan *network analisis tools* terhadap jaringan MPLS dengan menggunakan *wireshark*.

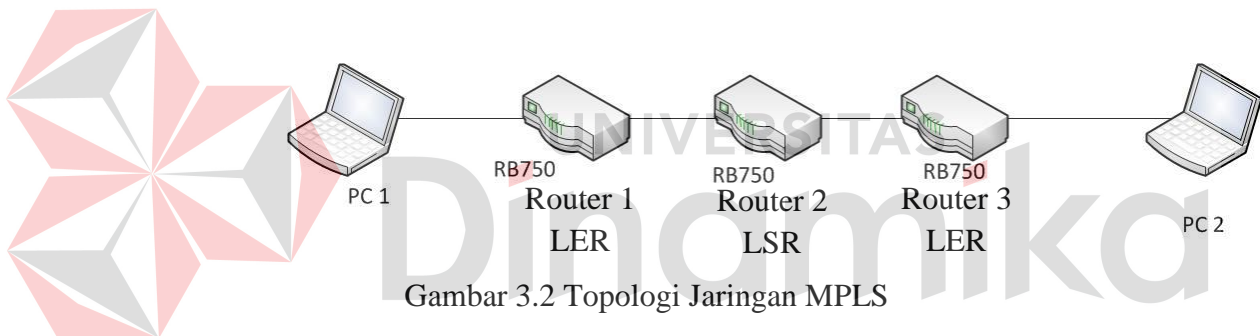
Setelah mendapatkan data maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap data tersebut dan melakukan perhitungan dengan statistika menggunakan metode hipotesis untuk mengetahui hasil performance dari data yang telah didapat yang selanjutnya dijadikan acuan untuk menarik kesimpulan.

### 3.2 Desain Topologi Jaringan

Tabel 3.1 Tabel pengalamatan

| Device   | Port/Interface | IP Address     | IP Loopback |
|----------|----------------|----------------|-------------|
| PC 1     | PORT 0         | 192.168.1.2/30 |             |
| ROUTER 1 | PORT 3         | 192.168.1.1/30 | 1.1.1.1/32  |

|          |        |                |            |
|----------|--------|----------------|------------|
|          | PORT 4 | 192.168.2.1/30 |            |
| ROUTER 2 | PORT 4 | 192.168.2.2/30 | 2.2.2.2/32 |
|          | PORT 3 | 192.168.3.1/30 |            |
| ROUTER 3 | PORT 3 | 192.168.3.2/30 | 3.3.3.3/32 |
|          | PORT 4 | 192.168.4.1/30 |            |
| PAC 2    | PORT 0 | 192.168.4.2/30 |            |



Gambar 3.2 Topologi Jaringan MPLS

Pada Gambar 3.2 dapat diketahui bahwa PC1 menggunakan *Internet Protocol* (IP) 192.168.1.2/30, *interface router* 1 menuju ke *interface* PC1 menggunakan (IP)192.168.1.1/30, *interface router* 1 menuju ke *interface router* 2 menggunakan (IP)192.168.2.1/30, *interface router* 2 menuju ke *interface router* 1 menggunakan (IP)192.168.2.2/30, *interface router* 2 menuju ke *interface router* 3 menggunakan (IP)192.168.3.1/30, *interface router* 3 menuju ke *interface router* 2 menggunakan (IP)192.168.3.2/30, *interface router* 3 menuju ke *interface* PC2 menggunakan

(IP)192.168.4.2/30 PC2 menggunakan (IP) 192.168.4.1/30, *interface router 1* menuju ke PC2 menggunakan (IP) 192.168.4.2/30.

Jika seluruh interface sudah dikonfigurasi maka nantinya jaringan MPLS akan mudah untuk diterapkan.

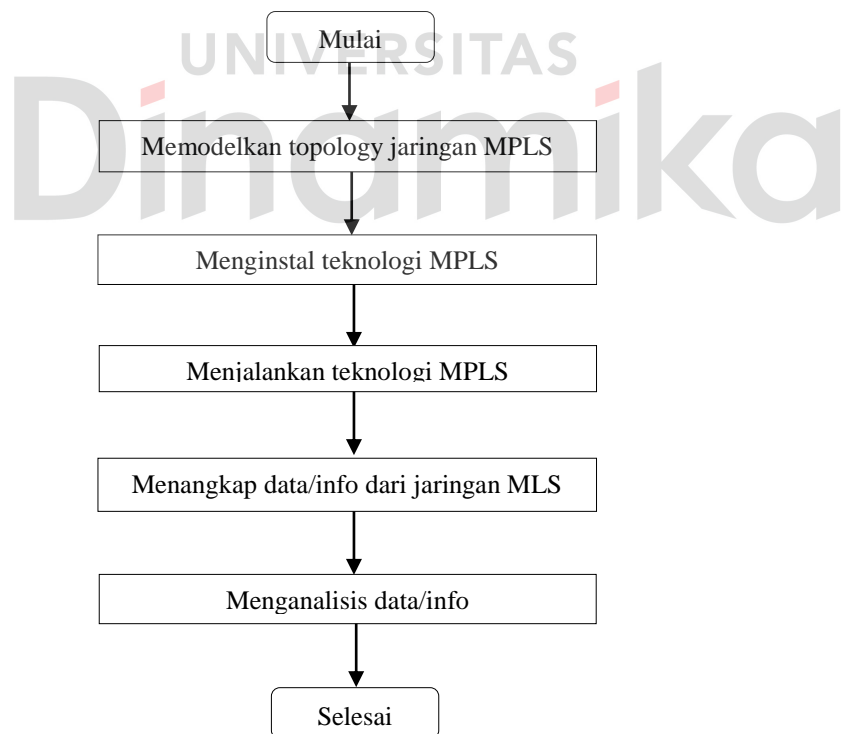
Tahap perancangan jaringan :

1. Konfigurasi alamat ip pada setiap interface pada PC 1, PC2 dan router diantaranya router 1, router 2 dan router 3. Konfigurasi alamat ip ini digunakan untuk memudahkan paket menemukan alamat tujuan. Selain itu, konfigurasi ip loopback juga dibutuhkan, ip loopback ini nantinya akan digunakan sebagai alamat LDP dimana LDP ini berfungsi untuk membantu label meneruskan data.
2. Setelah konfigurasi tiap interface sudah dilakukan, tahap selanjutnya adalah melakukan konfigurasi dynamic routing pada setiap router antara lain router 1, router 2 dan router 3, masing – masing akan dikonfigurasi teknologi routing. Teknologi routing ini berfungsi untuk meneruskan paket yang diinginkan diteruskan menuju jaringan yang dituju.
3. Tahap selanjutnya adalah memasang teknologi MPLS pada setiap router Antara lain router 1 ,router 2 dan router 3.

Dari gambar 3.3 yang ditunjukkan dapat dilihat proses data mengalir, dimulai dari start kemudian client akan mendownload data dari server dimana

di sisi server wireshark sudah siap melakukan penangkapan data dan informasi kemudian selanjutnya data akan diterima oleh client dan sekali lagi wireshark di sisi client menangkap data dan informasi.

Masing – masing data yang telah ditangkap oleh wireshark akan berformat .wcapng dimana .wcapng ini merupakan format data yang dimiliki wireshark. Guna memudahkan dalam melakukan perhitungan diperlukan aplikasi Microsoft excel. Namun format data dari wireshark harus terlebih dahulu di export menjadi format .csv. Format .csv inilah yang akan digunakan untuk memudahkan perhitungan. Berikut merupakan langkah untuk melakukan pengambilan data, dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Flowchat pengambilan data



Tabel 3.2 Tabel bandwidth dan file teknologi MPLS

| BANDWIDTH | JENIS FILE | UKURAN    |
|-----------|------------|-----------|
| 128 kbps  | Audio      | 919 KB    |
| 256 kbps  |            | 5.363 KB  |
| 512 kbps  |            | 10.933 KB |
| 128 kbps  | Video      | 5.044 KB  |
| 256 kbps  |            | 12.105 KB |
| 512 kbps  |            | 15.499 KB |

Tabel 3.3 Tabel bandwidth dan file teknologi OSPF

| BANDWIDTH | JENIS FILE | UKURAN    |
|-----------|------------|-----------|
| 128 kbps  | Audio      | 919 KB    |
| 256 kbps  |            | 5.363 KB  |
| 512 kbps  |            | 10.933 KB |
| 128 kbps  | Video      | 5.044 KB  |
| 256 kbps  |            | 12.105 KB |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 512 kbps |  | 15.499 KB |
|----------|--|-----------|

Dari tabel 3.1 diatas penggunaan bandwidth dan file yang digunakan beragam. Pengambilan data akan dimulai satu persatu dimulai dari teknologi MPLS hingga teknologi OSPF.

### 3.2.1 Routing

Untuk menghubungkan setiap interface pada setiap perangkat sehingga data dapat dikirimkan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan maka dibutuhkan protokol routing. Protokol routing yang peneliti gunakan adalah OSPF (*Open Shortest Path First*). Berikut ini merupakan skrip untuk melakukan routing menggunakan routing OSPF pada router mikrotik.

```
[admin@MikroTik] > routing ospf instance set router-id=1.1.1.1
numbers=default

[admin@MikroTik] > routing ospf area add name=area1 area-
id=1.1.1.1

[admin@MikroTik] > routing ospf network add
network=192.168.1.0/30
```

Pada baris pertama skrip mengaktifkan routing ospf, pada baris kedua skrip menambahkan area dari routing OSPF dan skrip ketiga menambahkan network ID tetangga pada routing OSPF.

### 3.2.2 Teknologi MPLS

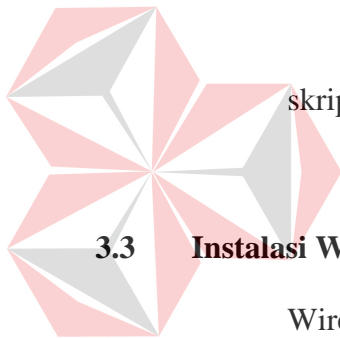
Jaringan MPLS perlu dikonfigurasi teknologi MPLS itu sendiri. Untuk mengaktifkan teknologi tersebut pada router mikrotik diperlukan beberapa skrip. Berikut ini merupakan skrip yang dijalankan untuk mengkonfigurasi teknologi MPLS.

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp set enabled=yes lsr-id=1.1.1.1
```

```
transport-address=1.1.1.1
```

```
[admin@MikroTik] > mpls ldp interface add interface=ether2
```

Pada baris pertama skrip mengaktifkan ldp dari MPLS, pada skrip baris kedua mengaktifkan interface yang dikonfigurasi MPLS.



### 3.3 Instalasi Wireshark

Wireshark merupakan salah satu *network analisis tools* yang digunakan untuk menangkap dan menampilkan informasi pada suatu jaringan. Untuk mendapatkan wireshark dapat diunduh di websitenya [www.wireshark.org/download.html](http://www.wireshark.org/download.html). Untuk melakukan instalasi wireshark cukup mudah, double klik aplikasi wireshark kemudian tunggu instruksi selanjutnya hingga selesai melakukan instalasi. Gambar 3.3 merupakan tampilan dari wireshark.



Gambar 3.4 Tampilan Wireshark (dhi2011suryadi.wordpress)

### 3.4 Analisis QOS

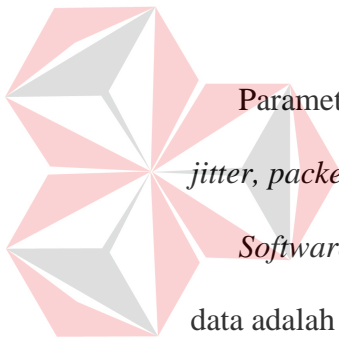
Analisis QOS pada penelitian implementasi dan analisis QOS pada MPLS untuk trafik data *bursty* memerlukan software berupa *network analysis tools*. Software tersebut memudahkan peneliti untuk mengumpulkan dan mengolah data dan informasi. Berikut ini merupakan rancangan pengujian analisis QOS :

1. Mempersiapkan data yang akan digunakan sebagai beban pada *traffic* jaringan. (audio dan video).
2. Menentukan jenis pengujian yang akan dilakukan, terdiri dari 2 macam pengujian.(dibahas pada sub bab pengujian).
3. Melakukan *capture* data menggunakan *wireshark* pada PC 2 yang telah terinstal *wireshark*.
4. Pengolahan data *wireshark* untuk mengetahui unjuk kerja dari jaringan MPLS untuk trafik data *bursty*.

### 3.5 Pengujian

Pengujian parameter *Quality of Service* pada jaringan *Multi-Protocol Label Switching* adalah sebagai berikut :

1. Pengiriman data audio menggunakan FTP sebagai media pengiriman.  
Data dan besar bandwidth yang ditentukan tersebut akan dilewatkan melalui jaringan MPLS.
2. Pengiriman data video menggunakan FTP sebagai media pengiriman.  
Data dan besar bandwidth yang ditentukan tersebut akan dilewatkan melalui jaringan MPLS.



Parameter yang digunakan untuk pengujian QOS tersebut meliputi *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput*.

*Software* yang digunakan untuk mengumpulkan informasi dan mengolah data adalah *network analisis tools wireshark*.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

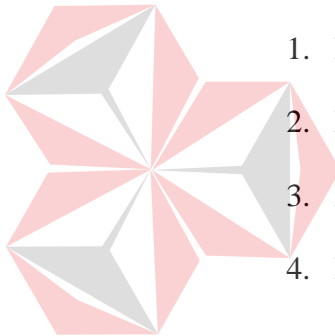
#### **4.1 Kebutuhan Hardware dan Software**

Kebutuhan hardware dan software mendukung berjalannya simulasi dan analisis dalam proyek tugas akhir ini.

##### **4.1.1 Kebutuhan Hardware**

Penulis membutuhkan hardware sebagai berikut :

1. PC Server
2. PC Client
3. ROUTER MIKROTIK RB 750
4. RJ-45



##### **4.1.2 Kebutuhan Software**

Penulis membutuhkan software sebagai berikut :

1. Winbox 2-2
2. File Zila Server
3. File Zila Client
4. Wireshark
5. Microsoft Excel

## 4.2 Implementasi dan Analisis

Dalam melakukan implementasi dan analisis dibutuhkan beberapa parameter untuk mengetahui kinerja dari sistem pada setiap perlakuan yang berbeda. Tabel 4.1 merupakan beberapa parameter yang digunakan.

Tabel 4.1 Tabel parameter

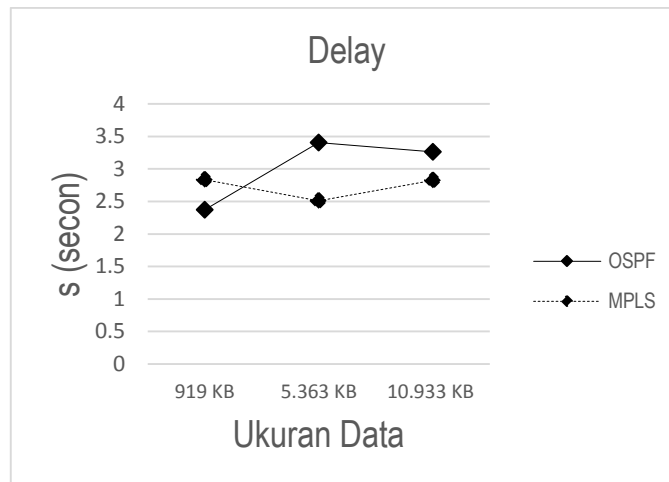
| Jenis Data | Ukuran Data | Bandwidth 1 | Bandwidth 2 | Bandwidth 3 |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Audio      | 919 KB      | 128 kbps    | 256 kbps    | 512 kbps    |
|            | 5.363 KB    |             |             |             |
|            | 10.933 KB   |             |             |             |
| Video      | 5.044 KB    | 128 kbps    | 256 kbps    | 512 kbps    |
|            | 12.105 KB   |             |             |             |
|            | 15.449 KB   |             |             |             |

### 4.2.1 Analisis Bandwidth 1

#### 1. Delay

Tabel 4.2 Tabel perbandingan delay file audio

| Ukuran Data | OSPF (s)  | MPLS (s) |
|-------------|-----------|----------|
| 919 KB      | 2.373447  | 2.834948 |
| 5.363 KB    | 3.4061543 | 2.508435 |
| 10.933 KB   | 3.263677  | 2.825952 |
| Rata - rata | 3.014426  | 2.723112 |



Gambar 4.1 Grafik perbandingan delay file audio



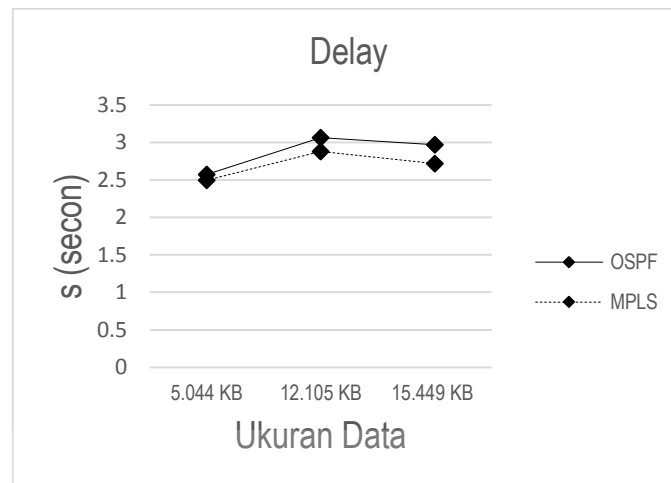
Pada gambar 4.1 grafik perbandingan delay file audio memperlihatkan perbandingan delay file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.1 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki delay lebih besar daripada teknologi OSPF untuk file audio dengan ukuran 919 KB. Sebaliknya untuk file audio dengan ukuran 5.363 KB dan 10.933 KB, teknologi MPLS memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

Tabel 4.3 Tabel perbandingan delay file video

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 5.044 KB    | 2.570603 | 2.496931 |
| 12.105 KB   | 3.063695 | 2.877874 |



|             |          |          |
|-------------|----------|----------|
| 15.449 KB   | 2.970785 | 2.716731 |
| Rata – rata | 2.868361 | 2.697179 |



Gambar 4.2 Grafik perbandingan delay file video

Pada gambar 4.2 grafik perbandingan delay file video memperlihatkan perbandingan delay file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.2 dapat dilihat bahwa teknologi MPLS memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

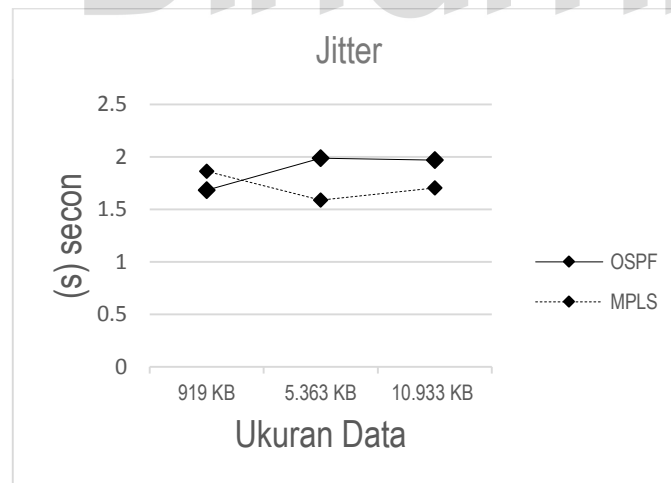
Analisis memperlihatkan teknologi MPLS lebih cepat dibandingkan teknologi OSPF dalam proses pengiriman paket. Teknologi MPLS lebih cepat dalam proses pengiriman paket dikarenakan MPLS memiliki mekanisme memperpendek proses routing dalam mentransmisikan paket. Generasi baru dari Label Switch Router (LSR) ini memungkinkan MPLS untuk

menambahkan sebuah label pada palet IP, yang akan menginstruksikan router pada network IP untuk melewati paket tanpa memeriksa isi paket, sehingga memungkinkan paket IP dapat melewati jaringan lebih cepat (Hariyawan, 2011).

## 2. Jitter

Tabel 4.4 Tabel perbandingan jitter file audio

| Ukuran Data | OSPF (s)  | MPLS (s) |
|-------------|-----------|----------|
| 919 KB      | 1.6855374 | 1.864164 |
| 5.363 KB    | 1.990426  | 1.589055 |
| 10.933 KB   | 1.969963  | 1.706241 |
| Rata – rata | 1.881975  | 1.71982  |

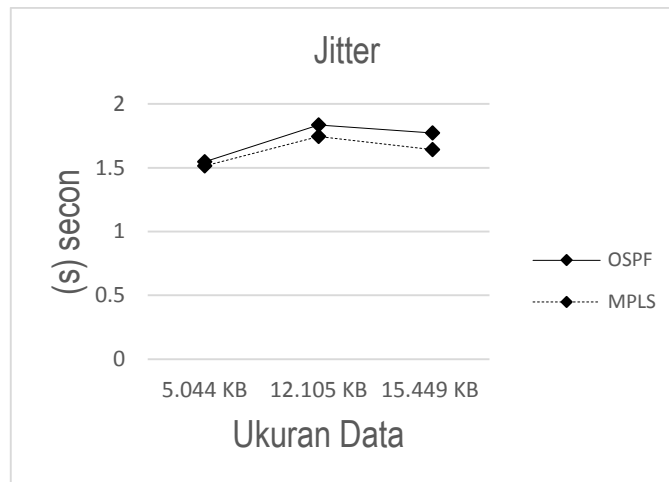


Gambar 4.3 Grafik perbandingan jitter file audio

Pada gambar 4.3 grafik perbandingan jitter file audio memperlihatkan perbandingan jitter file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.3 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter lebih besar pada file audio dengan ukuran 919 KB. Sedangkan pada file audio dengan ukuran 5.363 KB dan 10.933 KB teknologi MPLS memiliki jitter lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

Tabel 4.5 Tabel perbandingan jitter file video

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 5.044 KB    | 1.546941 | 1.513527 |
| 12.105 KB   | 1.836269 | 1.745848 |
| 15.449 KB   | 1.771806 | 1.641739 |
| Rata – rata | 1.718339 | 1.633705 |



Gambar 4.4 Grafik perbandingan jitter file video

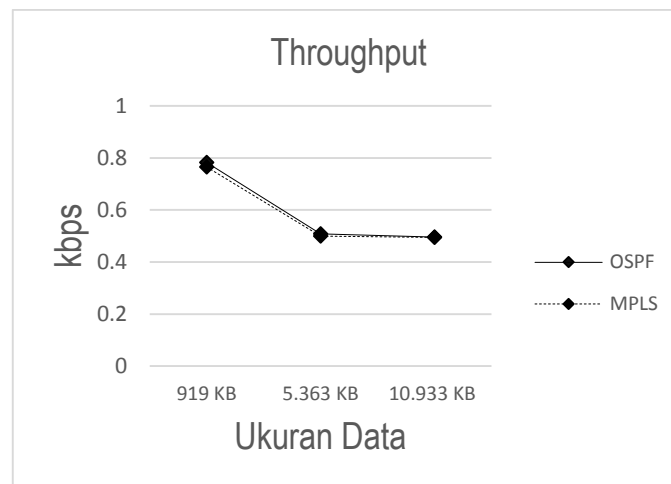


Pada gambar 4.4 grafik perbandingan jitter file video memperlihatkan perbandingan jitter file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.4 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

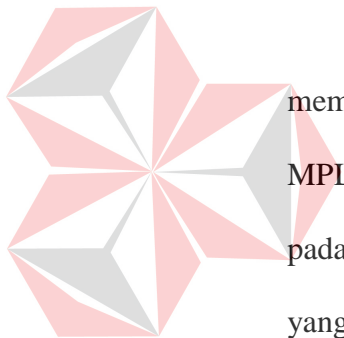
### 3. Throughput

Tabel 4.6 Tabel perbandingan throughput file audio

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 919 KB      | 0.783021    | 0.764919    |
| 5.363 KB    | 0.5083      | 0.4999547   |
| 10.933 KB   | 0.495312    | 0.4951201   |
| Rata – rata | 0.595544    | 0.586665    |



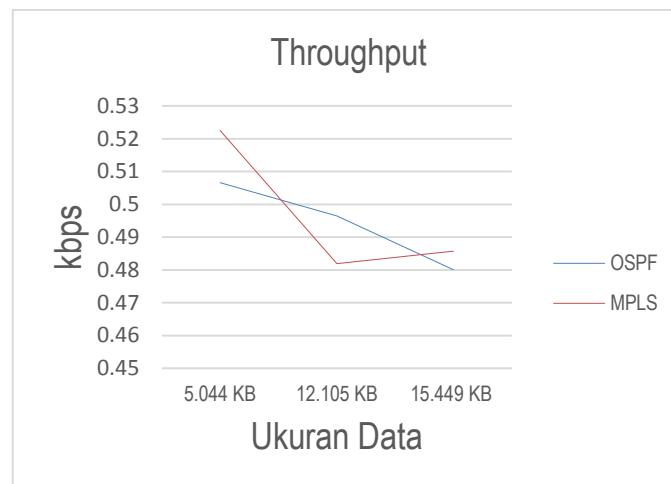
Gambar 4.5 Grafik perbandingan throughput file audio



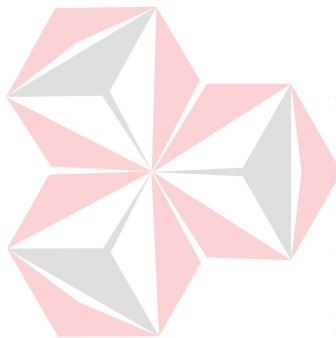
Pada gambar 4.5 grafik perbandingan throughput file audio memperlihatkan perbandingan throughput file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.5 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput yang hampir sama dibandingkan dengan teknologi OSPF.

Tabel 4.7 Tabel perbandingan throughput file video

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 5.044 KB    | 0.5066521   | 0.5224651   |
| 12.105 KB   | 0.4964706   | 0.4819559   |
| 15.449 KB   | 0.4800941   | 0.4857078   |
| Rata - rata | 0.494406    | 0.49671     |



Gambar 4.6 Grafik perbandingan throughput file video



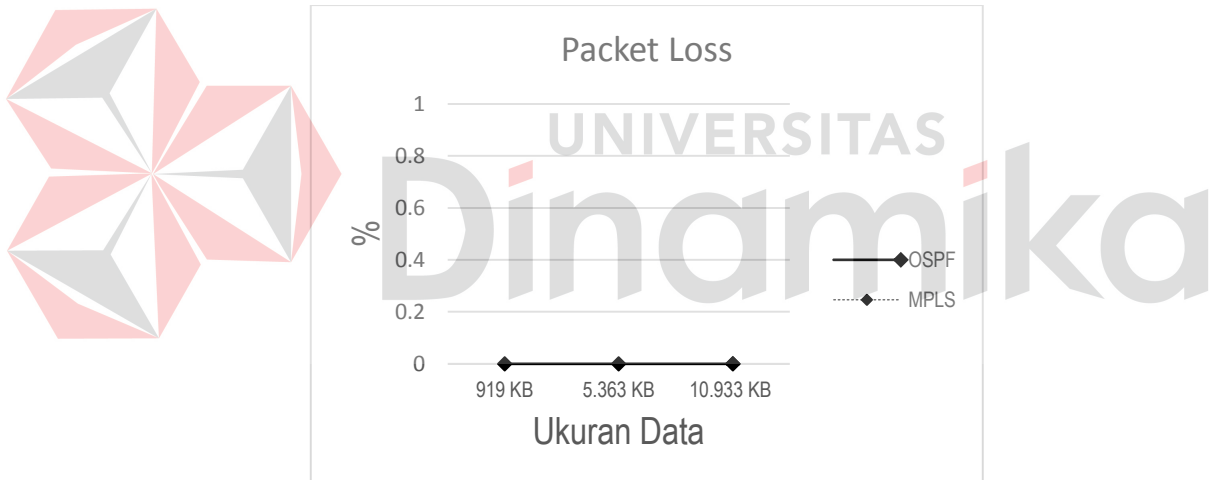
Pada gambar 4.6 grafik perbandingan file video memperlihatkan perbandingan throughput file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.6 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput yang lebih besar pada file video dengan ukuran 5.044 KB dan 15.449 KB. Sedangkan pada file video dengan ukuran 12.105 KB, teknologi MPLS memiliki throughput yang lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

Analisis memperlihatkan MPLS memiliki throughput yang besar sehingga memungkinkan delay transmisi paket yang lebih kecil. Semakin besar nilai throughputnya akan menunjukkan semakin bagus pula kemampuan jaringan dalam mentransmisikan file (Hariyawan, 2011).

#### 4. Packet Loss

Tabel 4.8 Tabel perbandingan packet loss file audio

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |
| 10.933 KB   | 0        | 0        |
| Rata - rata | 0        | 0        |

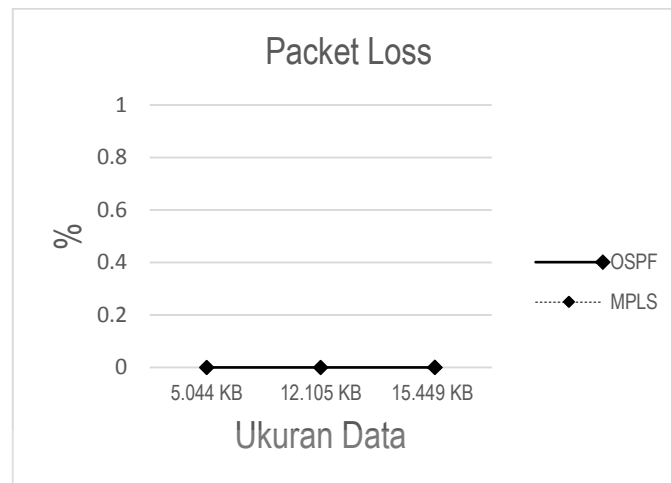


Gambar 4.7 Grafik perbandingan packet loss file audio

Tabel 4.9 Tabel perbandingan packet loss file video

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| 10.933 KB   | 0 | 0 |
| Rata - rata | 0 | 0 |



Gambar 4.8 Grafik perbandingan packet loss file video

Pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 merupakan grafik perbandingan packet loss file audio dan video. Pada kedua gambar tersebut terlihat packet loss dari kedua teknologi MPLS dan OSPF adalah 0%.

#### 4.2.2 Analisis Bandwidth 2

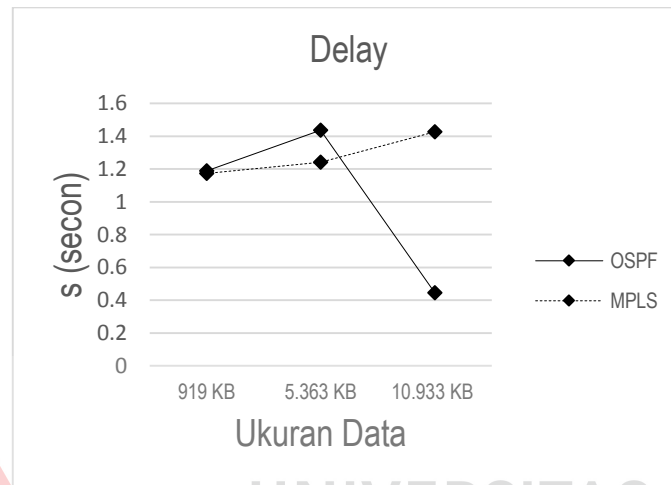
##### 1. Delay

Tabel 4.10 Tabel perbandingan delay file audio

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 1.188556 | 1.17407  |



|             |          |          |
|-------------|----------|----------|
| 5.363 KB    | 1.436646 | 1.242577 |
| 10.933 KB   | 0.445851 | 1.426386 |
| Rata – rata | 1.023684 | 1.281011 |

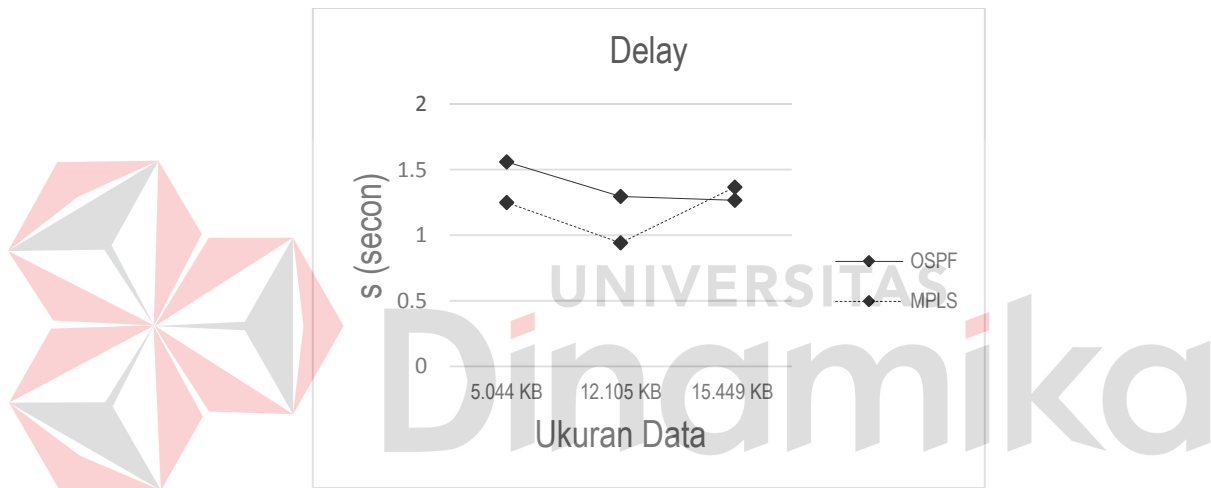


Gambar 4.9 Grafik perbandingan delay file audio

Pada gambar 4.9 grafik perbandingan delay file audio memperlihatkan perbandingan delay file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.9, dapat dilihat pada file audio dengan ukuran 919 KB dan 5.363 KB teknologi MPLS memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF. Sedangkan pada file audio ukuran 10.933 KB teknologi OSPF memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi MPLS.

Tabel 4.11 Tabel perbandingan delay file video

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 5.044 KB    | 1.559424 | 1.250376 |
| 12.105 KB   | 1.296426 | 2.926611 |
| 15.449 KB   | 1.266502 | 1.366404 |
| Rata - rata | 1.374117 | 1.847797 |

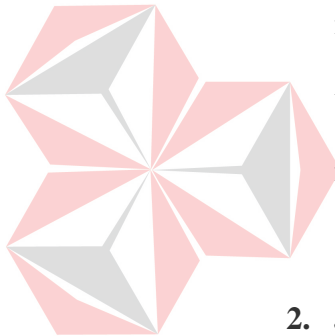


Gambar 4.10 Grafik perbandingan delay file video

Pada gambar 4.10 grafik perbandingan delay file video memperlihatkan perbandingan delay file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.10 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file video dengan ukuran 5.044 KB. Sedangkan pada file video dengan

ukuran 12.105 KB dan 15.449 KB teknologi OSPF memiliki delay lebih kecil.

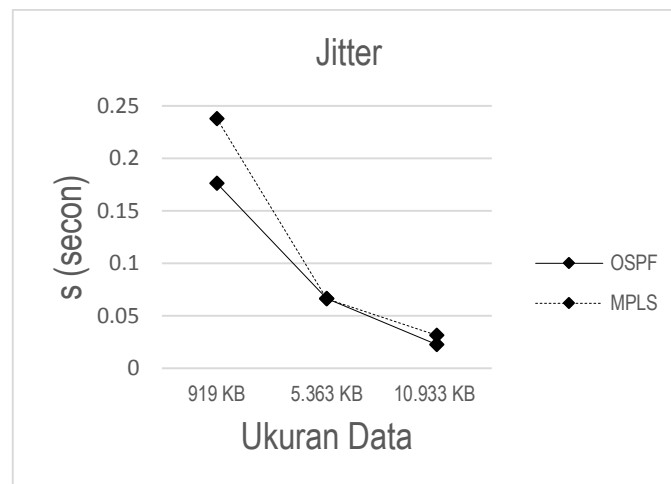
Analisis memperlihatkan teknologi MPLS lebih cepat dibandingkan teknologi OSPF dalam proses pengiriman paket. Teknologi MPLS lebih cepat dalam proses pengiriman paket dikarenakan MPLS memiliki mekanisme memperpendek proses routing dalam mentransmisikan paket. Generasi baru dari Label Switch Router (LSR) ini memungkinkan MPLS untuk menambahkan sebuah label pada palet IP, yang akan menginstruksikan router pada network IP untuk melewati paket tanpa memeriksa isi paket, sehingga memungkinkan paket IP dapat melewati jaringan lebih cepat (Hariyawan, 2011).



## 2. Jitter

Tabel 4.12 Tabel perbandingan jitter file audio

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0.176282 | 0.238005 |
| 5.363 KB    | 0.066419 | 0.066234 |
| 10.933 KB   | 0.022582 | 0.031547 |
| Rata - rata | 0.088428 | 0.111929 |



Gambar 4.11 Grafik perbandingan jitter file audio

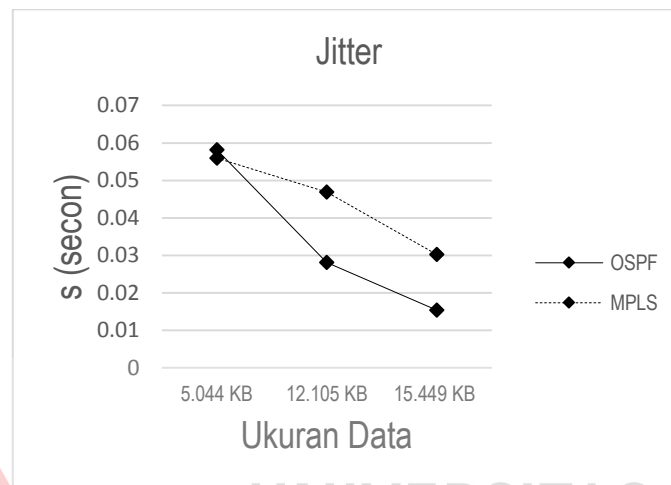


Pada gambar 4.11 grafik perbandingan jitter file audio memperlihatkan perbandingan jitter file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.11, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file audio dengan ukuran 919 KB dan 10.933 KB. Sedangkan teknologi MPLS memiliki jitter yang hampir sama dengan teknologi OSPF pada file audio dengan ukuran 5.363 KB.

Tabel 4.13 Tabel perbandingan jitter file video

| Ukuran Data | OSPF      | MPLS     |
|-------------|-----------|----------|
| 5.044 KB    | 0.0581373 | 0.055926 |

|             |          |          |
|-------------|----------|----------|
| 12.105 KB   | 0.028122 | 0.060093 |
| 15.449 KB   | 0.015432 | 0.030224 |
| Rata – rata | 0.033897 | 0.048748 |



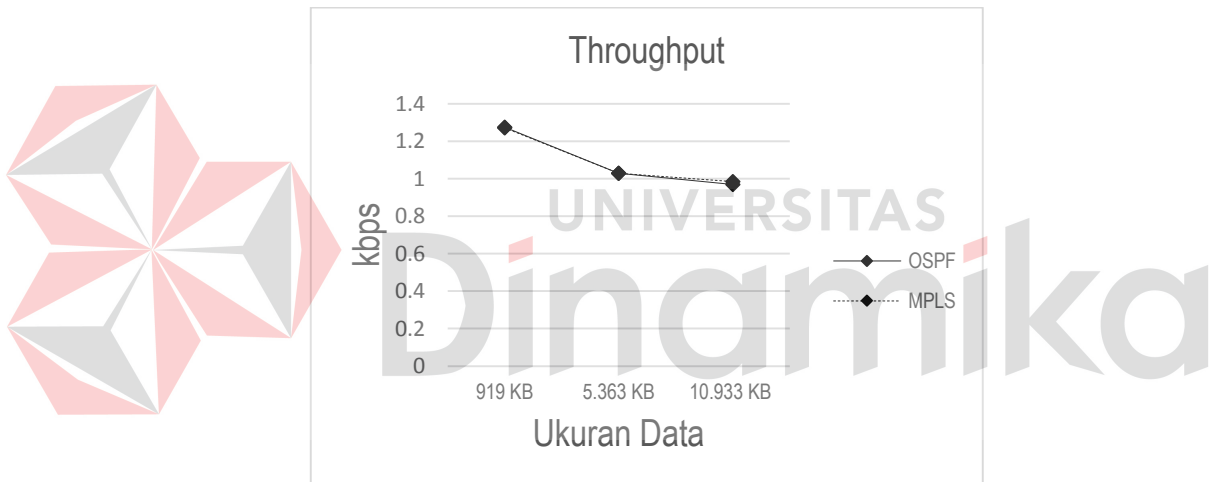
Gambar 4.12 Grafik perbandingan jitter file video

Pada gambar 4.12 grafik perbandingan jitter file video memperlihatkan perbandingan jitter file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.11 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file video dengan ukuran 12.105 KB dan 15.449 KB. Sedangkan pada file video dengan ukuran 5.044 KB teknologi MPLS memiliki jitter lebih kecil dibandingkan teknologi OSPF.

### 3. Troughput

Tabel 4.14 Tabel perbandingan throughput audio

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 919 KB      | 1.273945    | 1.271831    |
| 5.363 KB    | 1.028262    | 1.028859    |
| 10.933 KB   | 0.968752    | 0.98466     |
| Rata - rata | 1.09032     | 1.09512     |

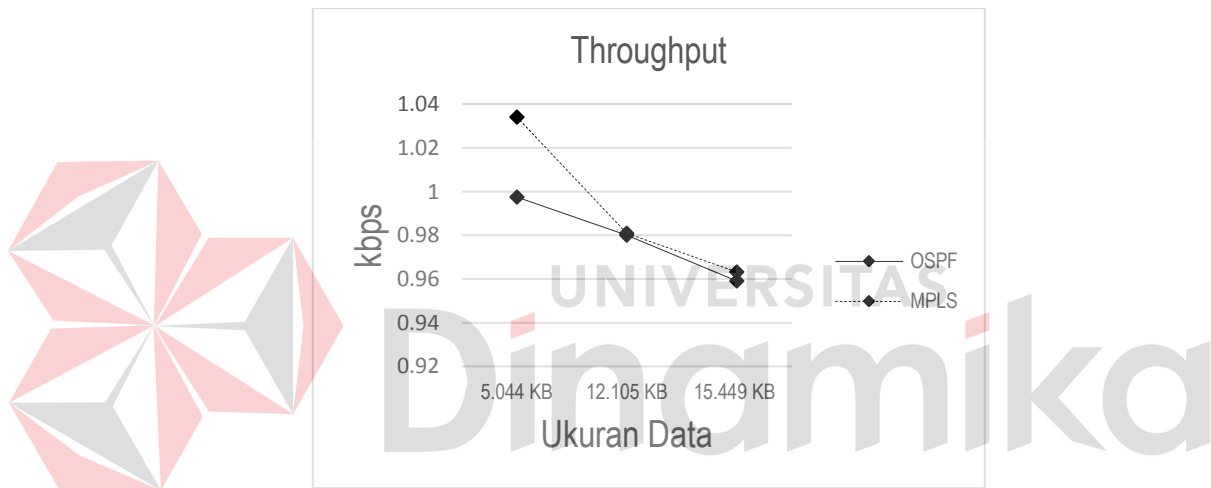


Gambar 4.13 Grafik perbandingan throughput audio

Pada gambar 4.13 grafik perbandingan throughput file audio memperlihatkan perbandingan throughput file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.13, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput yang hampir sama dengan teknologi OSPF.

Tabel 4.15 Tabel perbandingan throughput file video

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 5.044 KB    | 0.9974294   | 1.0341303   |
| 12.105 KB   | 0.9800241   | 0.980902    |
| 15.449 KB   | 0.9591504   | 0.963279    |
| Rata - rata | 0.97887     | 0.99277     |



Gambar 4.14 Grafik perbandingan throughput file video

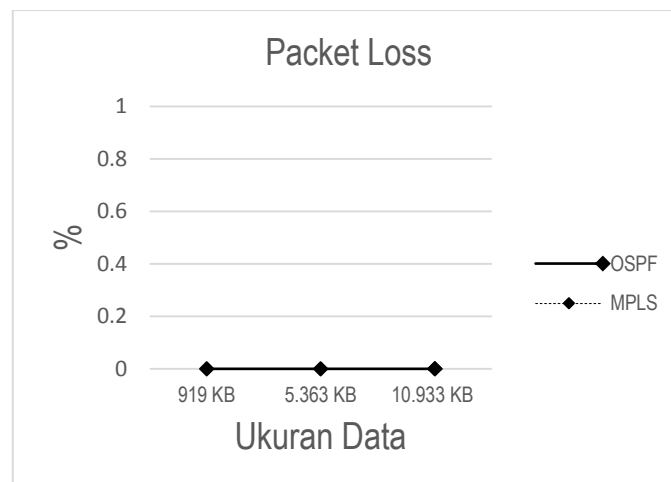
Pada gambar 4.14 grafik perbandingan throughput file video memperlihatkan perbandingan throughput file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.14 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF secara keseluruhan dari ketiga parameter video.

Analisis memperlihatkan MPLS memiliki throughput yang besar sehingga memungkinkan delay transmisi paket yang lebih kecil. Semakin besar nilai throughputnya akan menunjukkan semakin bagus pula kemampuan jaringan dalam mentransmisikan file (Hariyawan, 2011).

#### 4. Packet Loss

Tabel 4.16 Tabel perbandingan packet loss file audio

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |
| 10.933 KB   | 0        | 0        |
| Rata - rata | 0        | 0        |

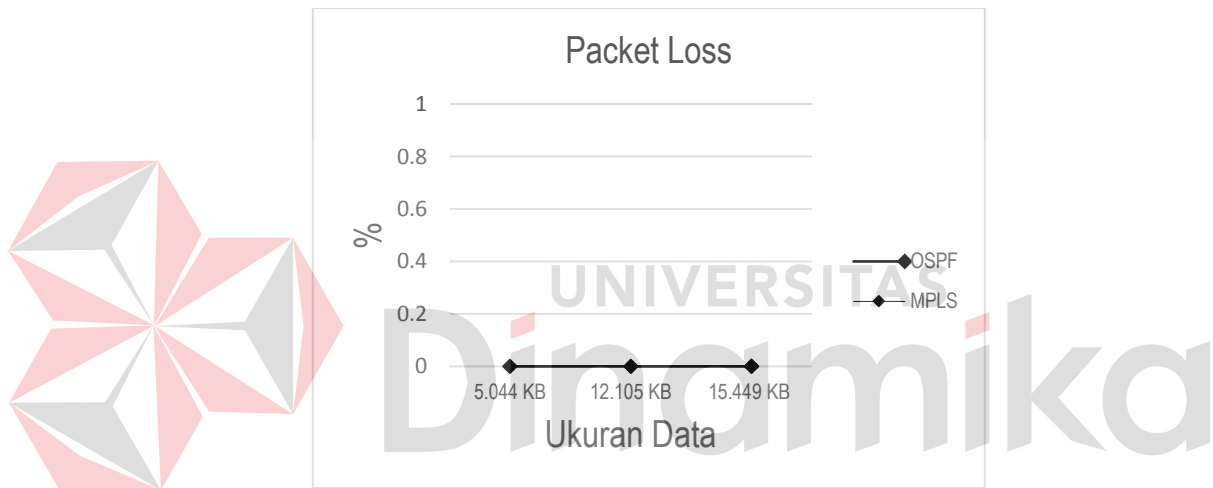


Gambar 4.15 Grafik perbandingan packet loss file audio



Tabel 4.17 Tabel perbandingan packet loss file video

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |
| 10.933 KB   | 0        | 0        |
| Rata - rata | 0        | 0        |



Gambar 4.16 Grafik perbandingan packet loss file video

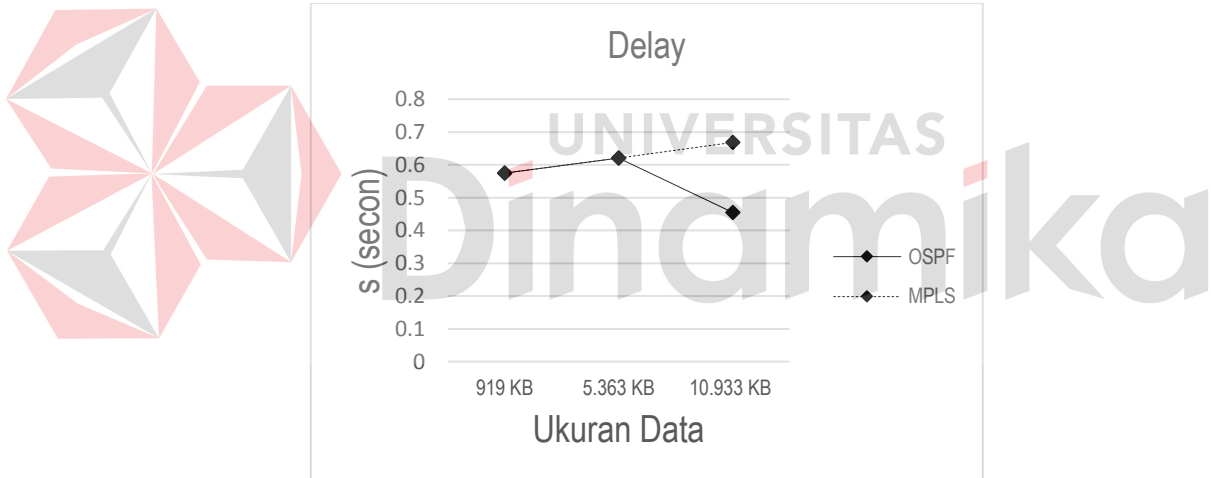
Pada gambar 4.15 dan gambar 4.16 merupakan grafik perbandingan packet loss file audio dan video. Pada kedua gambar tersebut terlihat packet loss dari kedua teknologi MPLS dan OSPF memiliki packet loss 0%.

### 4.2.3 Analisis bandwidth 3

#### 1. Delay

Tabel 4.18 Tabel perbandingan delay file audio

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0.575142 | 0.574869 |
| 5.363 KB    | 0.620656 | 0.620975 |
| 10.933 KB   | 0.454969 | 0.668586 |
| Rata - rata | 0.55026  | 0.62148  |



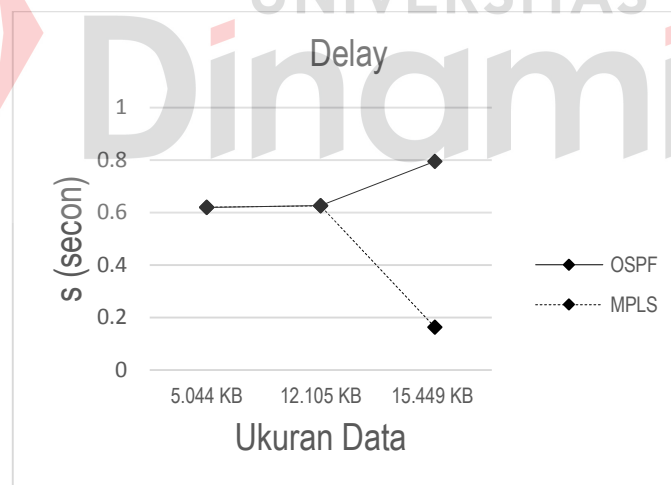
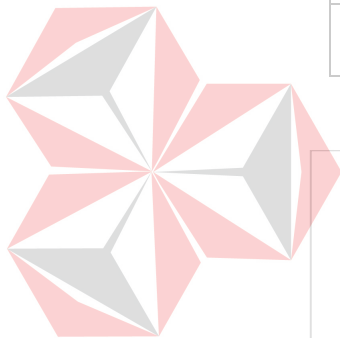
Gambar 4.17 Grafik perbandingan delay file audio

Pada gambar 4.17 grafik perbandingan delay file audio memperlihatkan perbandingan delay file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.17, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki delay yang hampir sama dengan OSPF pada file audio

dengan ukuran 919 KB dan 5.363 KB. Sedangkan pada file audio dengan ukuran 10.933 KB teknologi MPLS memiliki delay lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF.

Tabel 4.19 Tabel perbandingan delay file video

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 5.044 KB    | 0.618948 | 0.620221 |
| 12.105 KB   | 0.625954 | 0.625328 |
| 15.449 KB   | 0.794403 | 0.163    |
| Rata - rata | 0.67977  | 0.46952  |



Gambar 4.18 Grafik perbandingan delay file video

Pada gambar 4.18 grafik perbandingan delay file video memperlihatkan perbandingan delay file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan

pada gambar 4.18 dapat dilihat teknologi MPLS memiliki delay yang hampir sama dengan teknologi OSPF pada file video dengan ukuran 5.044 KB dan 12.105 KB. Sedangkan pada file video berukuran 15.449 KB teknologi MPLS memiliki delay lebih kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF.

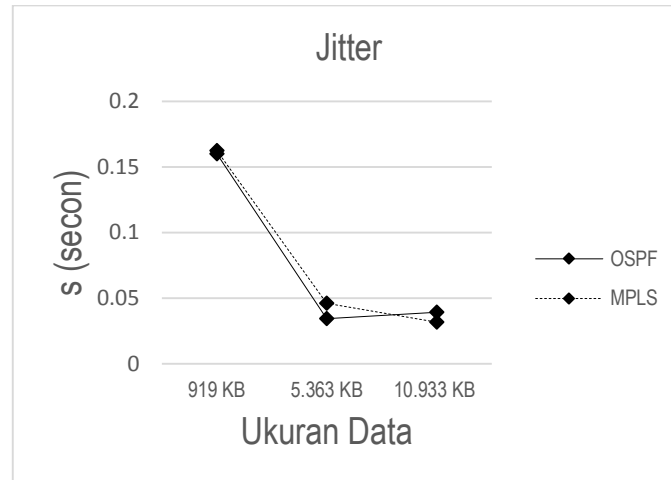
Analisis memperlihatkan teknologi MPLS lebih cepat dibandingkan teknologi OSPF dalam proses pengiriman paket. Teknologi MPLS lebih cepat dalam proses pengiriman paket dikarenakan MPLS memiliki mekanisme memperpendek proses routing dalam mentransmisikan paket. Generasi baru dari Label Switch Router (LSR) ini memungkinkan MPLS untuk menambahkan sebuah label pada paket IP, yang akan menginstruksikan router pada network IP untuk melewati paket tanpa memeriksa isi paket, sehingga memungkinkan paket IP dapat melewati jaringan lebih cepat (Hariyawan, 2011).

## 2. Jitter

Tabel 4.20 Tabel perbandingan jitter file audio

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0.160021 | 0.162449 |
| 5.363 KB    | 0.034511 | 0.046174 |
| 10.933 KB   | 0.039214 | 0.031733 |

|             |         |         |
|-------------|---------|---------|
| Rata - rata | 0.07792 | 0.08012 |
|-------------|---------|---------|



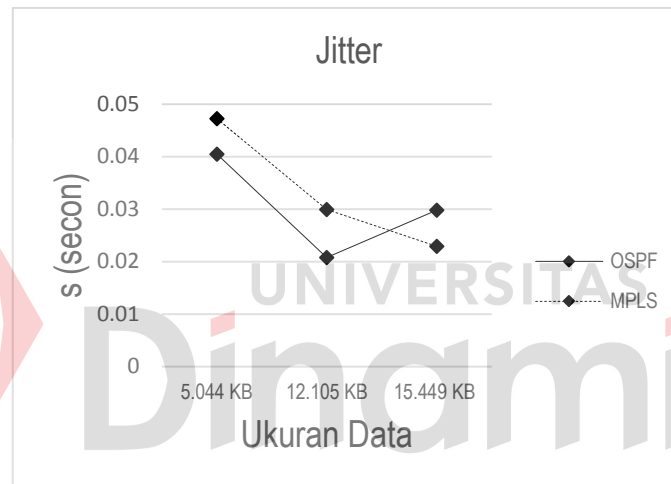
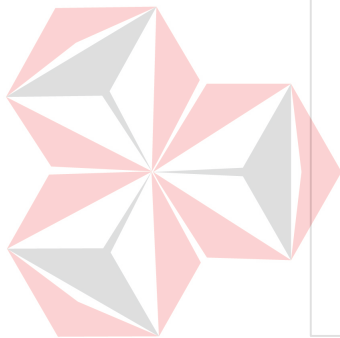
Gambar 4.19 Grafik perbandingan jitter file audio



Pada gambar 4.19 grafik perbandingan jitter file audio memperlihatkan perbandingan jitter file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.19, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file audio berukuran 919 KB dan 5.363 KB. Sedangkan pada file audio berukuran 10.933 KB teknologi MPLS memiliki jitter lebih kecil dibanding OSPF.

Tabel 4.21 Tabel perbandingan jitter file video

| Ukuran Data | OSPF (s) | MPLS (s) |
|-------------|----------|----------|
| 5.044 KB    | 0.04044  | 0.047256 |
| 12.105 KB   | 0.020778 | 0.029906 |
| 15.449 KB   | 0.029808 | 0.022886 |
| Rata - rata | 0.03034  | 0.03335  |



Gambar 4.20 Grafik perbandingan jitter file video

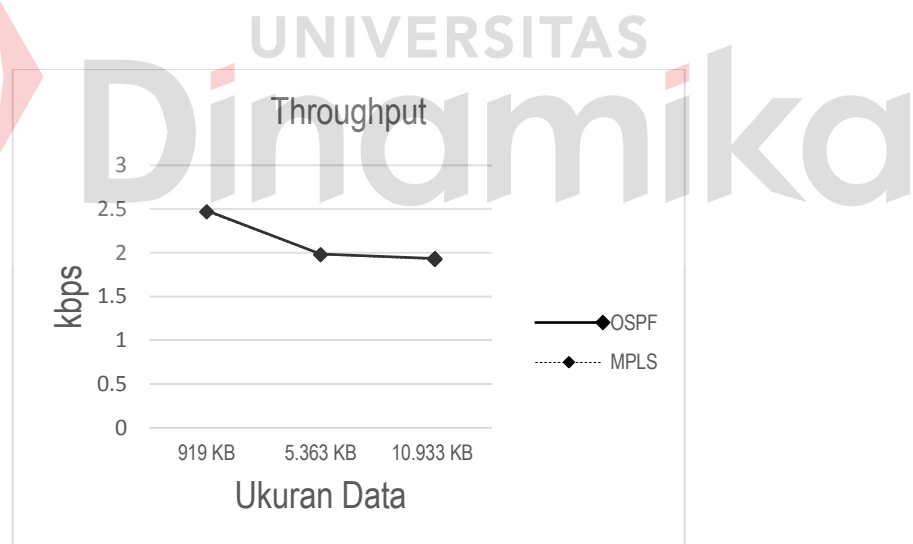
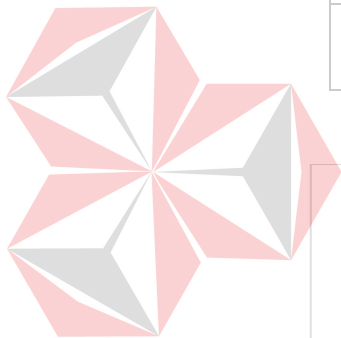
Pada gambar 4.20 grafik perbandingan jitter file video memperlihatkan perbandingan jitter file video pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.20, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki jitter yang lebih besar dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file video berukuran 5.044 KB dan 12.105 KB. Sedangkan pada file

video berukuran 15.449 KB teknologi MPLS memiliki jitter lebih kecil disbanding OSPF.

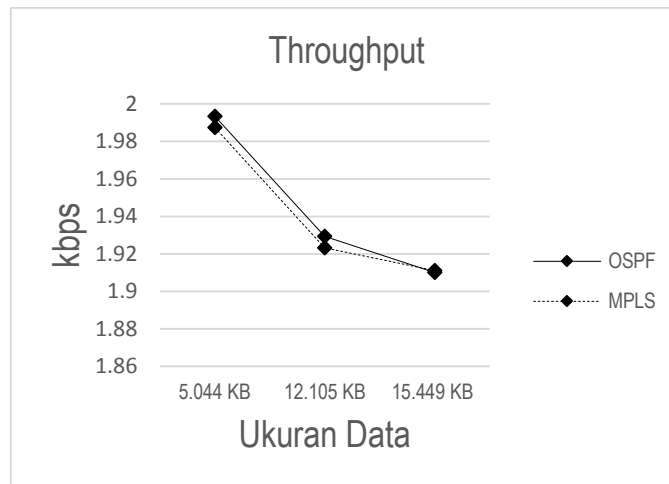
### 3. Throughput

Tabel 4.22 Tabel perbandingan throughput file audio

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 919 KB      | 2.483816    | 2.467215    |
| 5.363 KB    | 1.985606    | 1.979638    |
| 10.933 KB   | 1.933854    | 1.924713    |
| Rata - rata | 2.13443     | 2.12386     |



Gambar 4.21 Grafik perbandingan throughput file audio



Gambar 4.22 Grafik perbandingan throughput file video

Tabel 4.23 Tabel perbandingan throuhput file video

| Ukuran Data | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-------------|-------------|-------------|
| 5.044 KB    | 1.993339    | 1.987441    |
| 12.105 KB   | 1.9293867   | 1.923289    |
| 15.449 KB   | 1.910039    | 1.911018    |
| Rata - rata | 1.94425     | 1.94058     |

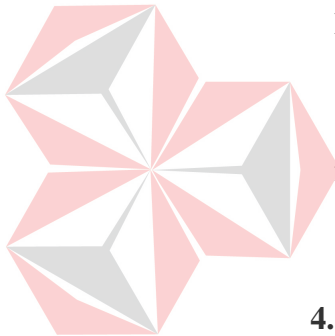
Pada gambar 4.21 grafik perbandingan throughput file audio memperlihatkan perbandingan throughput file audio pada teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.20, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput yang hampir sama dengan teknologi OSPF.

Pada gambar 4.22 grafik perbandingan throughput file video memperlihatkan perbandingan throughput file video pada



teknologi MPLS dan teknologi OSPF. Pada perbandingan yang diperlihatkan pada gambar 4.22, dapat dilihat teknologi MPLS memiliki throughput yang kecil dibandingkan dengan teknologi OSPF pada file video dengan ukuran 5.044 KB dan 12.105 KB. Sedangkan pada file video dengan ukuran 15.499 KB, teknologi MPLS memiliki throughput yang hampir sama dengan teknologi OSPF.

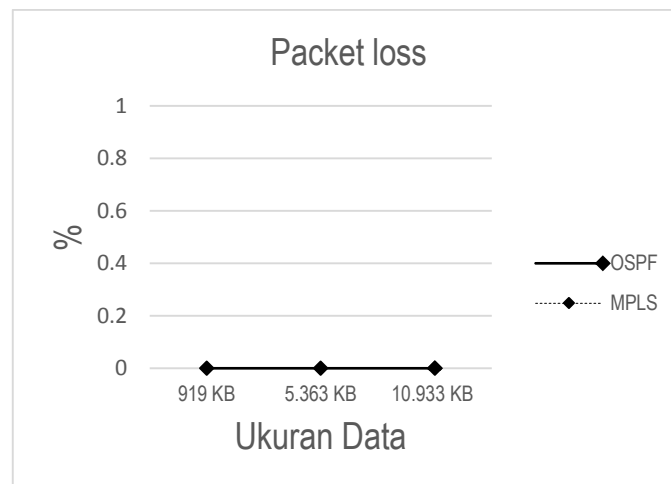
Analisis memperlihatkan MPLS memiliki throughput yang besar sehingga memungkinkan delay transmisi paket yang lebih kecil. Semakin besar nilai throughputnya akan menunjukkan semakin bagus pula kemampuan jaringan dalam mentransmisikan file (Hariyawan, 2011).



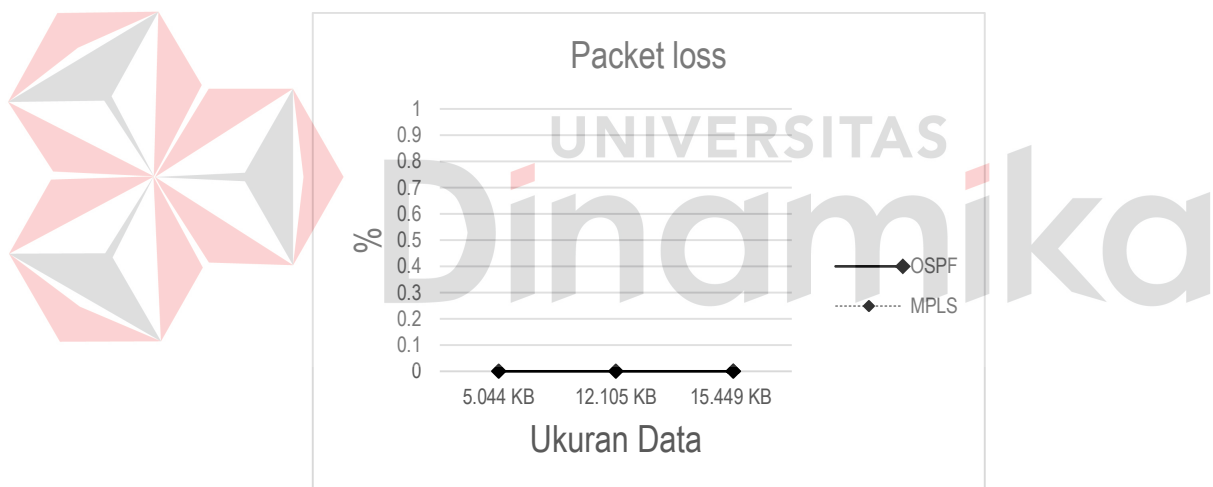
#### 4. Packet Loss

Tabel 4.24 Tabel perbandingan packet loss file audio

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |
| 10.933 KB   | 0        | 0        |
| Rata - rata | 0        | 0        |



Gambar 4.23 Grafik perbandingan packet loss file audio



Gambar 4.24 Grafik perbandingan packet loss file video

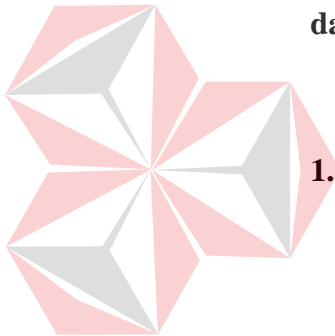
Tabel 4.25 Tabel perbandingan packet loss file video

| Ukuran Data | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-------------|----------|----------|
| 919 KB      | 0        | 0        |
| 5.363 KB    | 0        | 0        |

|             |   |   |
|-------------|---|---|
| 10.933 KB   | 0 | 0 |
| Rata - rata | 0 | 0 |

Pada gambar 4.23 dan gambar 4.24 merupakan grafik perbandingan packet loss audio dan video . Pada kedua gambar tersebut terlihat packet loss dari kedua teknologi MPLS dan OSPF memiliki packet loss 0%.

#### 4.2.4 Analisa delay, jitter, throughput dan packet loss pada file audio dan video dengan bandwidth beragam

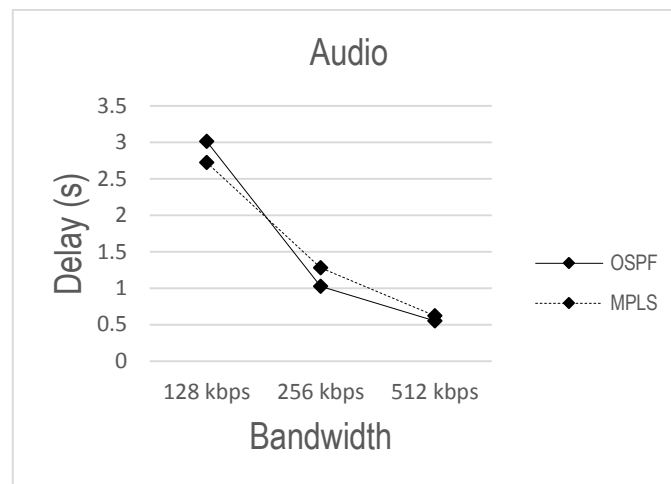


##### 1. Delay file audio dengan bandwidth beragam

Delay file audio dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.26 merupakan rata – rata dari tabel 4.2, tabel 4.10 tabel 4.18 untuk delay pada teknologi OSPF dan MPLS.

Tabel 4.26 Tabel delay file audio dengan bandwidth beragam

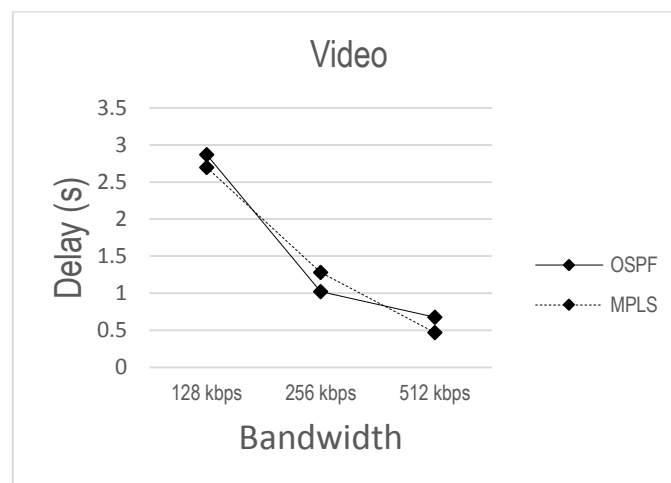
| Bandwidth | OSPF (s)  | MPLS (s)  |
|-----------|-----------|-----------|
| 128 kbps  | 3.0144261 | 2.7231117 |
| 256 kbps  | 1.0236843 | 1.281011  |
| 512 kbps  | 0.5502557 | 0.6214767 |



Gambar 4.25 Grafik delay file audio dengan bandwidth beragam

## 2. Delay file video dengan bandwidth beragam

Delay file video dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.27 merupakan rata – rata dari tabel 4.3, tabel 4.11 tabel 4.19 untuk delay pada teknologi OSPF dan MPLS.



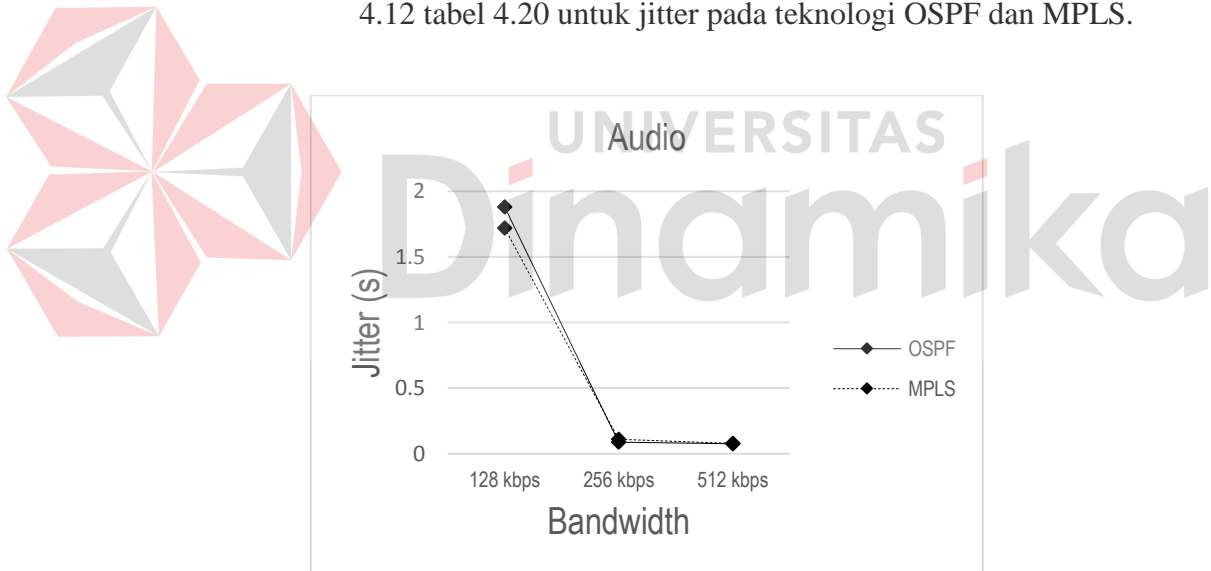
Gambar 4.26 Grafik delay file video dengan bandwidth beragam

Tabel 4.27 Tabel delay file video dengan bandwidth beragam

| Bandwidth | OSPF (s)  | MPLS (s)  |
|-----------|-----------|-----------|
| 128 kbps  | 2.868361  | 2.6971787 |
| 256 kbps  | 1.0236843 | 1.281011  |
| 512 kbps  | 0.6797683 | 0.4695163 |

### 3. Jitter file audio dengan bandwidth beragam

Jitter file audio dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.28 merupakan rata – rata dari tabel 4.4, tabel 4.12 tabel 4.20 untuk jitter pada teknologi OSPF dan MPLS.



Gambar 4.27 Grafik jitter file audio dengan bandwidth beragam

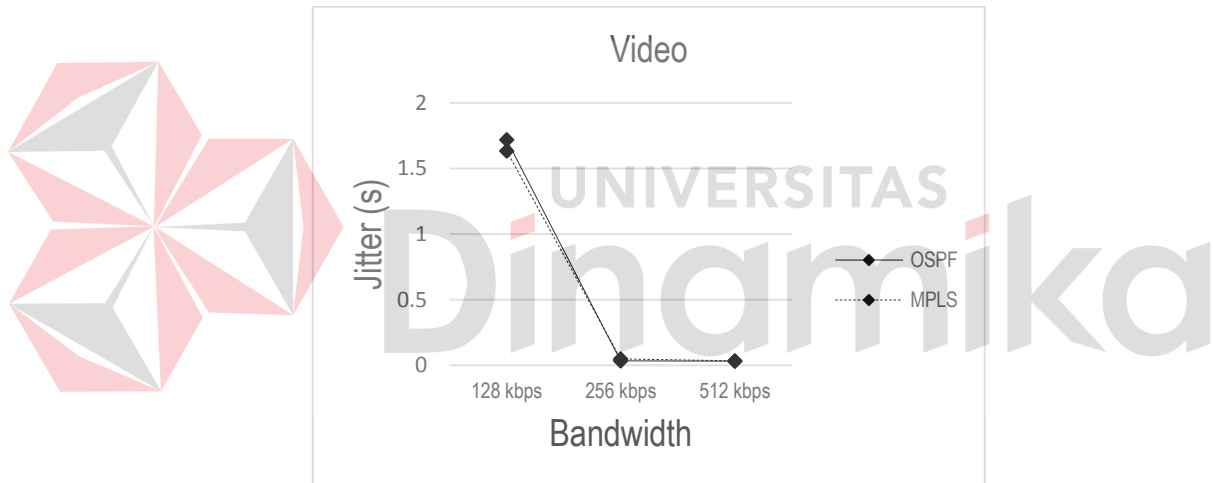
Tabel 4.28 Tabel jitter file audio dengan bandwidth beragam

| Bandwidth | OSPF (s)  | MPLS (s) |
|-----------|-----------|----------|
| 128 kbps  | 1.8819755 | 1.71982  |

|          |           |           |
|----------|-----------|-----------|
| 256 kbps | 0.0884277 | 0.1119287 |
| 512 kbps | 0.0779153 | 0.0801187 |

#### 4. Jitter file video dengan bandwidth beragam

Jitter file video dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.29 merupakan rata – rata dari tabel 4.5, tabel 4.13 tabel 4.21 untuk jitter pada teknologi OSPF dan MPLS.



Gambar 4.28 Grafik jitter file video dengan bandwidth beragam

Tabel 4.29 Tabel jitter file video dengan bandwidth beragam

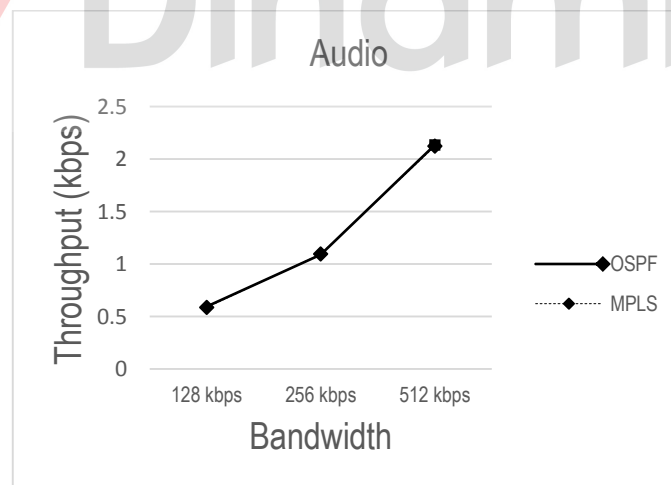
| Bandwidth | OSPF      | MPLS      |
|-----------|-----------|-----------|
| 128 kbps  | 1.7183387 | 1.6337047 |
| 256 kbps  | 0.0338971 | 0.0487477 |
| 512 kbps  | 0.030342  | 0.0333493 |

### 5. Throughput file audio dengan bandwidth beragam

Throughput file audio dengan bandwidth beragam yang terlihat pada tabel 4.30 merupakan rata – rata dari tabel 4.6, tabel 4.14 tabel 4.22 untuk throughput pada teknologi OSPF dan MPLS.

Tabel 4.30 Tabel throughput dengan file audio dengan bandwidth beragam

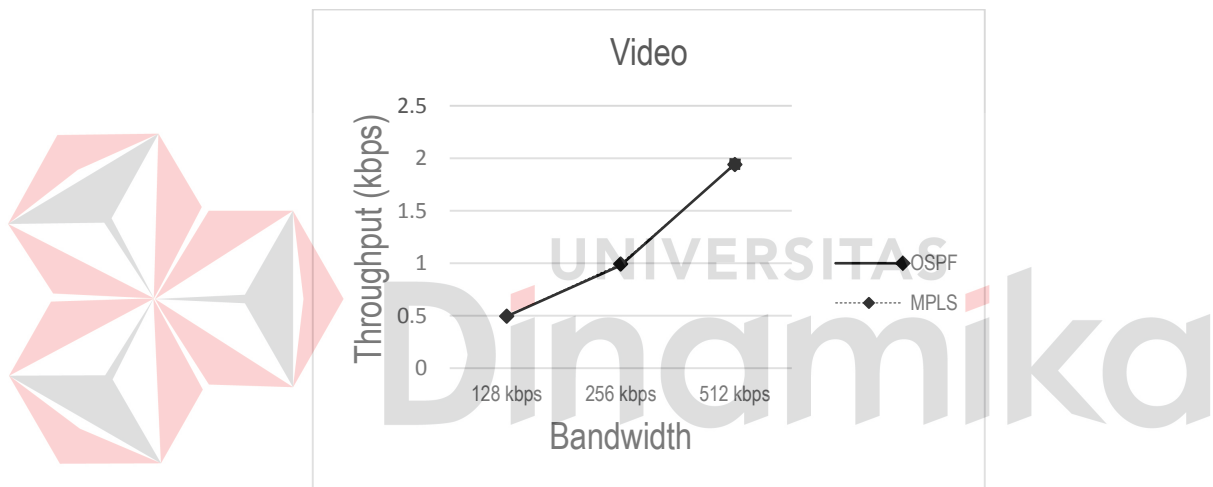
| Bandwidth | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-----------|-------------|-------------|
| 128 kbps  | 0.5955443   | 0.5866646   |
| 256 kbps  | 1.0903197   | 1.0951167   |
| 512 kbps  | 2.1344253   | 2.1238553   |



Gambar 4.29 Grafik throughput dengan file audio dengan bandwith beragam

## 6. Throughput file video dengan bandwidth beragam

Throughput file video dengan bandwidth beragam yang terlihat pada tabel 4.31 merupakan rata – rata dari tabel 4.7, tabel 4.15, tabel 4.23 untuk throughput pada teknologi OSPF dan MPLS.



Gambar 4.30 Grafik throughput dengan file video dengan bandwidth beragam

Tabel 4.31 Tabel throughput dengan file video dengan bandwidth beragam

| Bandwidth | OSPF (kbps) | MPLS (kbps) |
|-----------|-------------|-------------|
| 128 kbps  | 0.4944056   | 0.4967096   |
| 256 kbps  | 0.978868    | 0.9927704   |
| 512 kbps  | 1.9442549   | 1.9405827   |

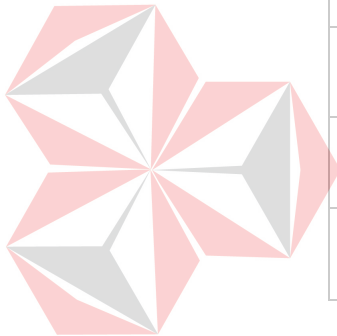


## 7. Packet loss file audio dengan bandwidth beragam

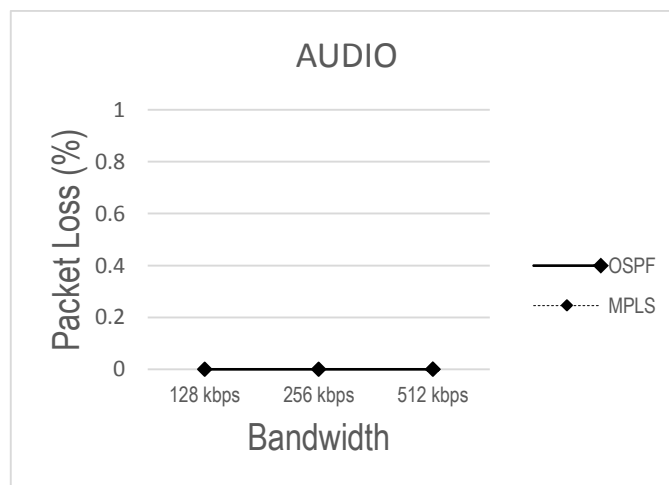
Packet loss file audio dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.32 merupakan rata – rata dari tabel 4.8, tabel 4.16, tabel 4.24 untuk packet loss pada teknologi OSPF dan MPLS.

Tabel 4.32 Tabel packet loss file audio dengan bandwidth beragam

| Bandwidth | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-----------|----------|----------|
| 128 kbps  | 0        | 0        |
| 256 kbps  | 0        | 0        |
| 512 kbps  | 0        | 0        |



Gambar 4.31 Grafik packet loss file audio dengan bandwith beragam

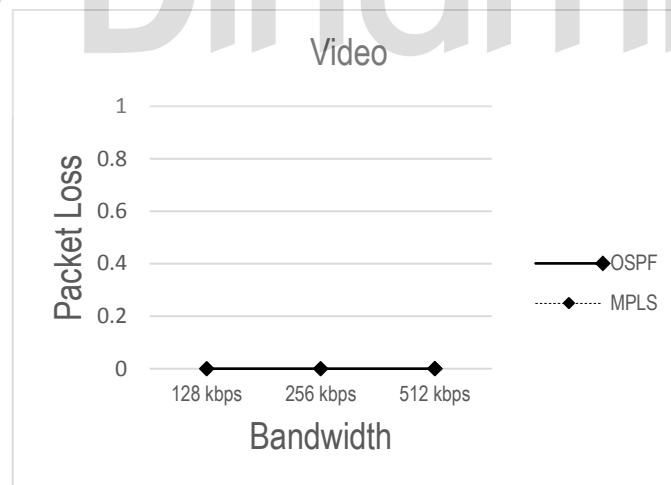


## 8. Packet loss file video dengan bandwidth beragam

Packet loss file video dengan bandwidth beragam yang terlihat pada pada tabel 4.33 merupakan rata – rata dari tabel 4.9, tabel 4.17, tabel 4.25 untuk packet loss pada teknologi OSPF dan MPLS.

Tabel 4.33 Tabel packet loss file video dengan bandwidth beragam

| Bandwidth | OSPF (%) | MPLS (%) |
|-----------|----------|----------|
| 128 kbps  | 0        | 0        |
| 256 kbps  | 0        | 0        |
| 512 kbps  | 0        | 0        |



Gambar 4.32 Grafik packet loss file video dengan bandwith beragam

Delay dari gambar grafik 4.25 dan tabel 4.26 file audio dengan bandwidth beragam menunjukkan bahwa delay file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan delay yang tinggi sedangkan delay akan bernilai kecil apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps dan 512 kbps. Begitu juga file video yang dapat dilihat pada grafik 4.26 dan tabel 4.27, delay file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan delay yang tinggi sedangkan delay akan bernilai kecil apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps dan 512 kbps.



Jitter dari gambar grafik 4.27 dan tabel 4.28 file audio dengan bandwidth beragam menunjukkan bahwa jitter file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan jitter yang tinggi sedangkan jitter akan bernilai kecil apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps dan 512 kbps. Begitu juga file video yang dapat dilihat pada grafik 4.28 dan tabel 4.29, jitter file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan jitter yang tinggi sedangkan jitter akan bernilai kecil apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps dan 512 kbps.

Throughput dari gambar grafik 4.29 dan tabel 4.30 file audio dengan bandwidth beragam menunjukkan bahwa throughput file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan throughput yang lebih kecil sedangkan throughput akan bernilai lebih besar apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps

dan 512 kbps. Begitu juga file video yang dapat dilihat pada grafik 4.30 dan tabel 4.31, throughput file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan throughput yang lebih kecil sedangkan throughput akan bernilai lebih besar apabila menggunakan bandwidth berukuran 256 kbps dan 512 kbps.

Packet loss dari gambar grafik 4.31 dan tabel 4.32 file audio dengan bandwidth beragam menunjukkan bahwa packet loss file audio dengan bandwidth 128 kbps, 256 kbps dan 512 kbps menghasilkan packet loss 0% . Begitu juga file video yang dapat dilihat pada grafik 4.32 dan tabel 4.33, packet loss file video dengan bandwidth 128 kbps, 256 kbps dan 512 kbps menghasilkan packet loss 0%.

Berdasarkan Pengujian *Delay, Jitter, Throughput dan Packet loss*, pada *trafik data bursty*, penerapan *Network MPLS* dan *OSPF* tidak mengalami perbedaan nilai yang cukup besar. Dari data yang disajikan secara keseluruhan, teknologi *MPLS* dan teknologi *OSPF* mendapatkan hasil yang tidak terlalu signifikan karena pada penelitian yang dilakukan peneliti tidak diimplementasikan pada jaringan public dan memiliki jumlah hop yang sedikit.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari implementasi dan analisis QOS pada MPLS untuk trafik data *bursty* adalah sebagai berikut :

1. Implementasi dan analisis QOS pada MPLS untuk trafik data *bursty* pada mikrotik router board sudah dilakukan dengan hasil data *wireshark capture file* sesuai dengan parameter yang telah dibuat yaitu menggunakan 3 ukuran audio 919 KB, 5.363 KB dan 10.933 KB serta 3 ukuran video 5.044 KB, 12.105 KB dan 15.449 KB .Masing – masing dari ukuran audio dan video tersebut ditransmisikan menggunakan 3 bandwidth berukuran 128 kbps, 256 kbps dan 512 kbps pada jaringan dengan menggunakan teknologi OSPF dan teknologi MPLS.
2. Berdasarkan Pengujian *Delay, Jitter, Throughput dan Packet loss t*, pada trafik data *bursty*, penerapan Network MPLS dan OSPF tidak mengalami perbedaan nilai yang cukup besar.
3. Delay file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan delay 2.7231117 detik, bandwidth 512 kbps menghasilkan delay 0.6214767 detik. Delay file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan delay

2.6971787 detik, delay file video dengan bandwidth 512 kbps menghasilkan delay 0.4695163 detik.

4. Jitter file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan jitter 1.71982 detik sedangkan bandwidth 512 kbps menghasilkan jitter 0.0801187 detik. Jitter file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan jitter 1.6337047 detik yang tinggi sedangkan jitter 512 kbps 0.0333493 detik.
5. Throughput file audio dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan throughput 0.5866646 kbps ,sedangkan throughput 512 kbps menghasilkan throughput 2.1238553. Throughput file video dengan bandwidth 128 kbps menghasilkan throughput 0.4967096 kbps sedangkan bandwidth 512 kbps menghasilkan throughput 1.9405827.
6. Packet loss file audio dengan bandwidth 128 kbps, 256 kbps dan 512 kbps menghasilkan packet loss 0% . Begitu juga pada file video, packet loss file video dengan bandwidth 128 kbps, 256 kbps dan 512 kbps menghasilkan packet loss 0%.

## 5.2 Saran

Berikut ini adalah saran penulis untuk peneliti berikutnya apabila ingin mengembangkan penelitian yang telah dibuat agar penelitian selanjutnya menjadi lebih baik, saran tersebut antara lain :

1. Untuk mendapatkan hasil analisis unjuk kerja yang lebih baik diperlukan implementasi dan pengambilan data dengan menggunakan jaringan yang terhubung pada jaringan ip publik.

## DAFTAR PUSTAKA

Adnan, R.,2013.*Windows Networking dengan UDP dan .NET*. [Online] Available at:

[http://www.microsoft.com/indonesia/msdn/udp\\_dotnet.aspx](http://www.microsoft.com/indonesia/msdn/udp_dotnet.aspx) [Accessed

November 2014]

Anggraeni, Rinda Tri Yuniar.(2012).*Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Protoko,*

*TCP, UDP dan SCTP Menggunakan Simulasi Lalu Lintas Data*

*Multimedia*.STIKOM Surabaya. Surabaya

Ahdan, S. (2013). *Dasar-Dasar Routing Ip Pada Jaringan*.Jawa Tengah

Albukhoir, Ahmad Gunawan.2010.*Studi Analisis Penerapan QoS (Quality of Service)Jaringan Komputer Pada Unjuk Kerja Layanan Aplikasi*

*IPTV*.Stikom Surabaya.Surabaya

Ayu, D. (2010). Analisa Aplikasi VoIP pada Jaringan Berbasis MPLS. *D4 Teknik*

*Telekomunikasi, PENS-ITS, Surabaya.*

Chadda, Angkur. 2004."*Quality of Service Testing Methodology*", University of New

Harmphshire

Dewo, Setio, 2003, "*Bandwidth dan Throughput*", [Online] Available at:

<http://geocities.com/./article/bandwidth.pdf>.

Firdaus, Kawula.2009.*Penerapan Teknologi Multi-Protocol Label Switching (MPLS) Pada Jaringan Komputer (Studi Kasus: Lab Elkon BPPT)*.Fakultas Sains Dan Teknologi UIN Syarif Hidayatulloh. Jakarta

Handriyanto, D. F. (2009). Kajian Penggunaan Mikrotik Router OS Sebagai Router Pada Jaringan Komputer. Universitas Sriwijaya

Hariyawan, M. (2011). *Study Analisis QOS Pada Jaringan Multimedia MPLS*. Politeknik Caltex Riau. Pekanbaru

Hiremath, Chetan.2008. *Multi-Protocol Label Switching (MPLS): An Architecture and Deployment Overview*. [Online] Available at : <https://software.intel.com/en-us/articles/multi-protocol-label-switching-mpls-an-architecture-and-deployment-overview> [Acessed Februari 2015]

Krzanowski,R.2006. *Burst (of packets) and Burstiness*.Canada

Rahmawati, I. D. (2009). *Analisa QoS Pada Jaringan MPLS IPv6 Berbasis Routing OSPF*. ITS. Surabaya

Ramdhani, Maris.2014.*Multi Protocol Label Switching*. [Online] Available at : <http://ramdhani-space.blogspot.com/2014/04/multi-protocol-label-switching-mpls.html> [Acessed Februari 2015]

Tittel, Ed.2004.*Schaum's Outlines : Computer Networking (Jaringan Komputer)*.Erlangga. Jakarta.