

# ANALISIS PERBANDINGAN KINERJA LAYANAN TRIPLE PLAY PADA JARINGAN IP DAN MPLS MENGGUNAKAN NS2

**Dwi Aryanta**

Jurusan Teknik Elektro  
Institut Teknologi Nasional Bandung  
dwiaryanta@gmail.com

## ABSTRAK

Layanan Triple Play menyediakan kemudahan akses layanan komunikasi berupa layanan data, suara dan video dengan hanya memakai satu jenis media koneksi saja. Jaringan berbasis Internet Protocol (IP) dan Multi-protocol Label Switching (MPLS) merupakan topologi jaringan yang mampu melayani Triple Play. Perbedaan protokol yang digunakan oleh kedua jaringan ini memberikan efek kepada performansi layanan Triple Play. Analisa kinerja layanan Triple Play dikaji dengan membandingkan aspek Quality of Service (QoS) berupa throughput, packet loss, delay dan jitter yang dihasilkan dalam proses penyampaian informasi berupa data, suara dan video dari pengirim ke penerima melalui jaringan IP dan MPLS. Kinerja layanan Triple Play menggunakan software Network Simulator-2.32 pada penelitian ini memperlihatkan MPLS memberikan throughput yang relatifimbang untuk semua jenis layanan, sedangkan pada IP throughput dipengaruhi oleh bitrate dan ukuran paket data. Packet Loss pada MPLS memiliki persentase hingga 0%, sedangkan packet loss pada IP rentan terjadi untuk layanan video. Delay layanan Triple Play pada jaringan IP lebih besar dibanding pada MPLS. Jitter pada jaringan IP memiliki fluktuasi yang besar untuk jenis layanan data dan video dibandingkan jaringan MPLS.

**Kata Kunci :** IP, MPLS, Triple Play, Throughput, Packet loss, Delay, Jitter.

## ABSTRACT

Triple Play Service provides easy access to communication services in the form of data services, voice and video by wearing only one type of media connection only. Network-based Internet Protocol (IP) and Multi-protocol Label Switching (MPLS) is a network topology that is able to serve the Triple Play. Differences protocol used by both networks is to give effect to the performance of Triple Play services. Analysis of the performance of Triple Play services assessed by comparing aspects of Quality of Service (QoS) in the form of throughput, packet loss, delay and jitter generated in the process of delivering information in the form of data, voice and video from the sender to the receiver via an IP network and MPLS. Performance of Triple Play services using software Network Simulator-2:32 padal this study shows that the relative throughput of MPLS provides a draw for all kinds of services, while at the IP throughput is affected by the bitrate and size of data packets. MPLS Packet Loss on a percentage to 0%, while the packet loss on IP video services to vulnerable place. Triple Play services Delay on IP networks is greater than in MPLS. Jitter on the IP network has large fluctuations for this type of data and video services over MPLS networks.

**Keywords:** IP, MPLS, Triple Play, Throughput, Packet loss, Delay, Jitter.

## PENDAHULUAN

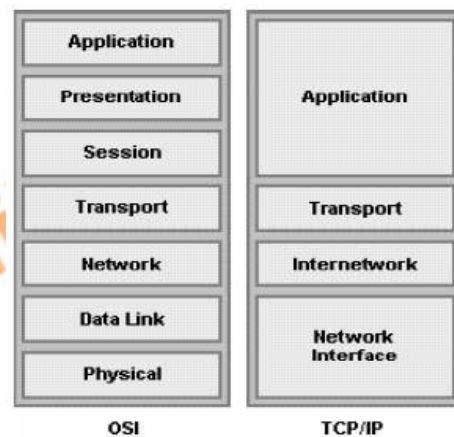
Beberapa tahun belakangan ini, penyelenggara telekomunikasi berusaha melakukan migrasi jaringan menuju suatu infrastruktur yang menyediakan layanan komunikasi bentuk data, suara, dan video yang umum dikenal dengan istilah *Triple Play*. Dua bentuk jaringan yang menyediakan manajemen transportasi data yang populer saat ini yaitu jaringan IP dan jaringan MPLS. Jaringan ini memungkinkan untuk memberikan pelayanan *Triple Play* yang saat ini dibutuhkan oleh pengguna mengingat kebutuhan saat ini yang terus meningkat.

Jaringan IP (Internet Protocol) menggunakan *internet protocol* sebagai protokol dalam sistem komunikasi jaringan *packet-switched*. MPLS adalah arsitektur jaringan yang didefinisikan oleh IETF (*Internet Engineering Task Force*) untuk memadukan mekanisme *label swapping* pada layer 2 dengan *routing* pada layer 3 untuk mempercepat pengiriman paket. Network MPLS terdiri atas jalur yang disebut *Label Switched Path* (LSP), yang menghubungkan titik – titik yang disebut *Label Switched Router* (LSR). MPLS memperkenalkan gambaran baru mengenai mekanisme *forwarding* yang memiliki sifat *connection oriented*, dengan penggunaan label pendek berukuran tetap.

Kedua jenis jaringan tersebut memiliki performansi yang ditawarkan untuk berbagai layanan pengiriman paket data. Dengan adanya perbedaan logika kerja dari kedua jaringan tersebut, maka terdapat perbedaan dari segi performansi yang diberikan. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis dari perbandingan performansi layanan *Triple Play* meliputi *Throughput*, *Paket loss*, *Delay* dan *Jitter* yang dihasilkan oleh jaringan IP dan jaringan MPLS terhadap jenis yaitu layanan berupa data, suara, dan video melalui simulasi jaringan menggunakan *Network Simulator – 2* versi .32.

## KAJIAN TEORI JARINGAN INTERNET PROTOKOL (IP)

Jaringan IP merupakan bentuk jaringan yang menggunakan protokol TCP/IP sebagai protokol utama dalam pembentukan jaringan. Pada TCP/IP terdapat empat lapisan protokol. Protokol pada TCP/IP tersebut terdiri atas 4 lapisan yang identik dengan layer OSI sebagai acuan (Gambar 1). Setiap lapisan memecahkan serangkaian masalah yang melibatkan transfer data. Secara khusus, lapisan ini menentukan lingkup operasional yang ada di dalam protokol.



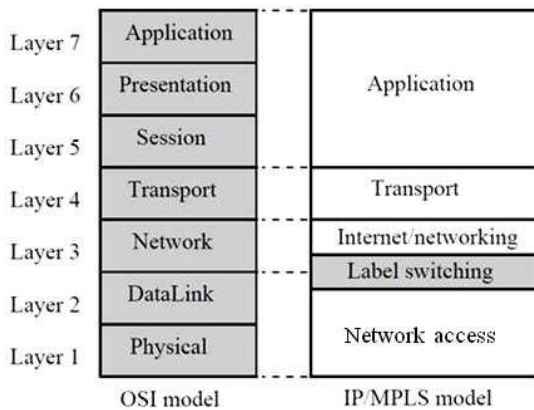
Gambar 1. Perbandingan lapisan OSI dan lapisan TCP/IP

Protokol IP memiliki dua fungsi dasar yaitu pengalamatan dan fragmentasi. Protokol ini memperlakukan tiap datagram secara individual dan tidak terkait pada tiap fragmen yang dibuat. Jaringan IP bekerja dengan mengirimkan paket melalui rute yang acak, tanpa pengirim atau penerima mengetahui jalur perjalanan dari paket data yang dikirimkan. Karena bersifat *connectionless*, paket data tidak dijamin sampai kepada alamat atau datang tepat waktu. Paket data yang dikirim berupa datagram yang merupakan fragmen dari file yang dikirim. Pada jaringan IP Tiap datagram dilepas dalam jaringan komputer dan akan mencari sendiri secara otomatis

rute yang harus ditempuh ke komputer tujuan.

### JARINGAN MPLS (*Multi Protocol Label Switching*)

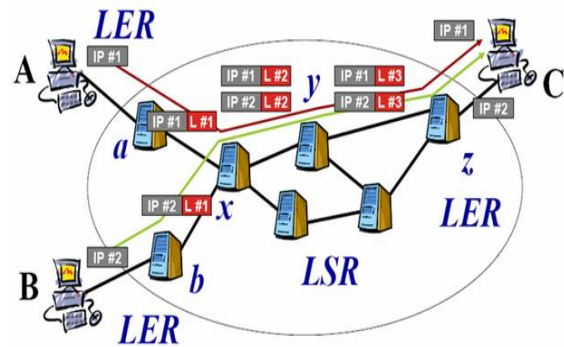
Jaringan MPLS didefinisikan oleh IETF untuk memadukan mekanisme *label swapping* di *layer 2* dengan *routing* di *layer 3* untuk mempercepat pengiriman paket. Dasar dari MPLS ini adalah konsep dari *label switching*: yaitu penambahan sebuah label khusus dan unik pada setiap paket data dan label tersebut digunakan untuk merutekan paket tersebut di dalam jaringan. Pada lapisan OSI, MPLS berada diantara lapisan 1 dan lapisan 2 seperti digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Posisi MPLS dalam TCP/IP Layer

Dari Gambar 2 dapat diketahui bahwa MPLS merupakan pengembangan dari jaringan IP tradisional sehingga protokol – protokol yang bekerja tetap sama dengan jaringan IP namun ditambah dengan proses baru pada lapisan MPLS. Proses pada lapisan MPLS ini adalah penambahan label pada paket IP.

Secara sederhana, arsitektur MPLS dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 3 Arsitektur jaringan MPLS

Arsitektur MPLS berisi beberapa komponen sebagai berikut :

1. *Label Switch Path (LSP)*
2. *Label Switch Routers (LSR)*
3. *Label Edge Routers (LER)*
4. *Forwarding Equivalent Class (FEC)*

Perangkat – perangkat yang digunakan untuk membangun jaringan MPLS dapat di golongan sebagai berikut :

1. *Customer Edge ( CE )*, merupakan perangkat yang bertugas menghubungkan jaringan *customer* dengan jaringan *provider*.
2. *Provider Edge ( PE )*, perangkat yang bertugas untuk menghubungkan jaringan perangkat *customer* dengan jaringan *provider*.
3. *Provider ( P )*, merupakan perangkat yang berada di dalam jaringan *provider*.

Rekayasa trafik (*traffic engineering, TE*) adalah proses pemilihan saluran data trafik untuk menyeimbangkan beban trafik pada berbagai jalur dan titik dalam jaringan. Tujuan akhirnya adalah memungkinkan operasional jaringan yang handal dan efisien, sekaligus mengoptimalkan penggunaan sumberdaya dan performansi trafik.

Beberapa bentuk rekayasa trafik MPLS adalah sebagai berikut:

1. Manajemen Path
2. Penempatan Trafik
3. Penyebaran informasi jaringan
4. Manajemen Jaringan

Jaringan MPLS membangun LSP untuk data yang melintasi jaringan. LSP didefinisikan oleh serangkaian label yang ditugaskan ke-*node* dalam jaringan. Protokol yang paling umum digunakan untuk pensinyalan MPLS adalah LDP. LDP mendefinisikan sebuah set prosedur yang digunakan oleh *router* MPLS untuk bertukar label dan pemetaan informasi secara langsung untuk menetapkan LSP, menentukan *routing* informasi ke jalur *switch* lapisan 2.

### LAYANAN TRIPLE PLAY

Terdapat banyak aplikasi yang dirancang dan disediakan melalui sebuah jaringan. Aplikasi *Triple Play* merupakan kombinasi dari beberapa tipe layanan yang memiliki berbagai parameter yang berbeda seperti *bandwidth*, tipe *routing*, QoS dan trafik simetri.

#### Aplikasi Internet

Salah satu layanan data dalam layanan *triple play* adalah akses *internet*. Secara umum, perangkat kerja *Internet* adalah *Internet Protocol Suite*. Ukuran data untuk *Internet* berdasarkan MTU untuk IPv4 sekurang – kurangnya adalah 68 Bytes.

#### Aplikasi VoIP

*Voice over Internet Protocol* merupakan teknologi menyalurkan suara yang sudah diubah dan dikemas secara padat berupa paket data kedalam jaringan internet/intranet melalui sebuah protokol (yaitu protokol TCP/IP). VoIP berarti menggunakan jaringan internet untuk melakukan pembicaraan suatu kanal suara analog dimampatkan menjadi 8 – 16 Kbps.

#### Aplikasi IPTV

IPTV adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengirim layanan televisi digital kepada *subscriber* dalam sistem tersebut. Pengiriman sinyal digital televisi tersebut memungkinkan diselenggarakan menggunakan *Internet Protocol* melewati sebuah koneksi *broadband* yang digunakan pada jaringan dengan kualitas yang lebih baik daripada akses *internet public* agar kualitas pelayanan terjamin.

#### Parameter QoS

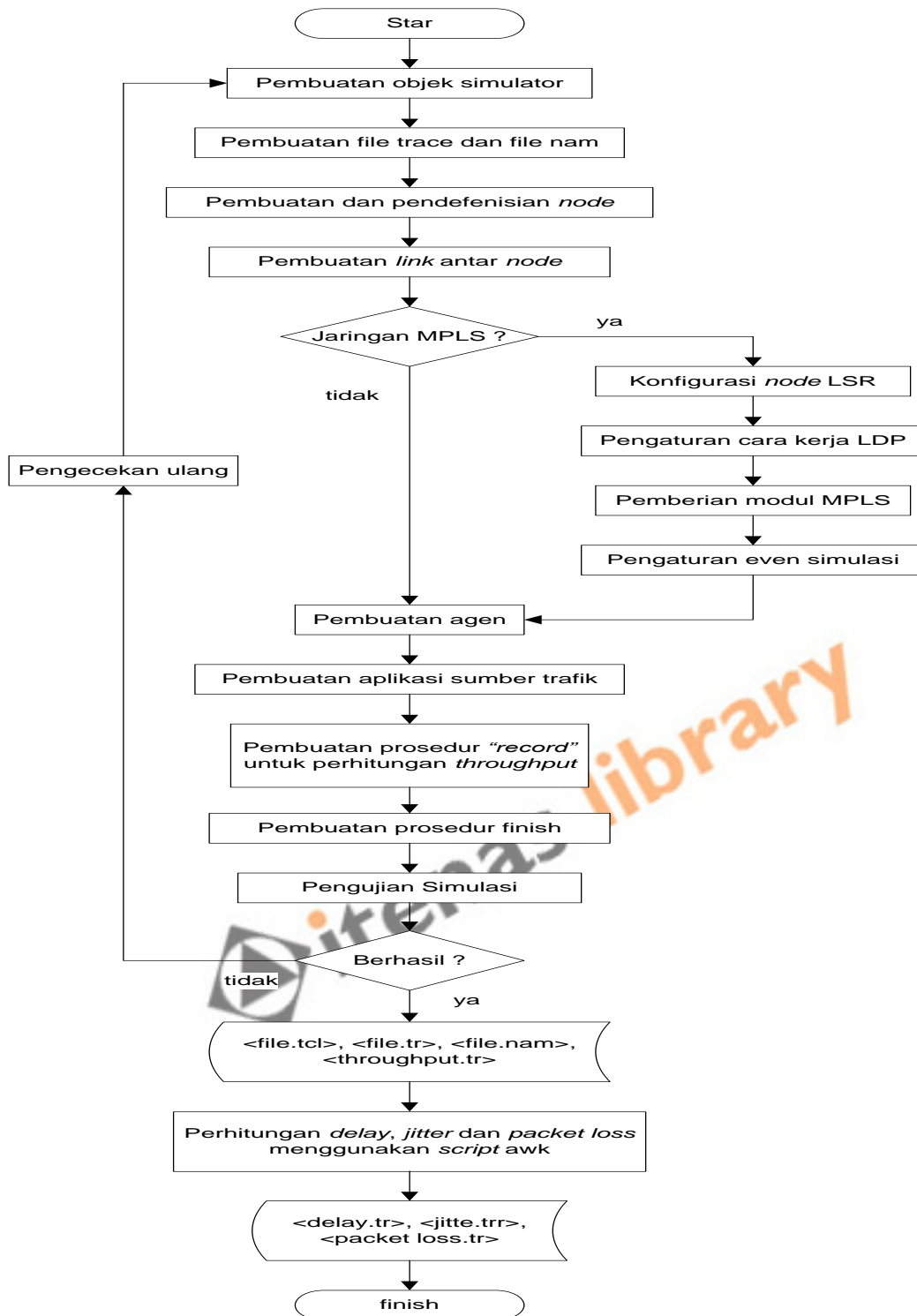
Pengertian *Quality of Service (QoS)* adalah kemampuan menyediakan jaminan dan performan layanan pada suatu jaringan. Terdapat banyak hal bisa terjadi pada paket ketika mereka melakukan perjalanan dari asal ke tujuan, masalah – masalah tersebut sering disebut sebagai parameter-parameter QoS, yang meliputi : *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan *Jitter*.

#### Network Simulator

*Network Simulator* adalah simulator jaringan yang dikembangkan oleh UC Berkeley yang mensimulasikan bermacam-macam jaringan IP. Dalam NS, sebuah *node* terdiri atas *agent* dan *classifier*. *Agent* adalah objek pengirim atau penerima dari protokol, sedangkan *classifier* adalah objek yang bertanggung jawab untuk klasifikasi paket.

#### Perancangan dan Pembuatan Simulasi Pembuatan Simulasi

Secara garis besar, tahapan – tahapan dalam melakukan simulasi jaringan dan pengambilan data yang telah dirancang meliputi pembuatan dan pengujian adalah seperti yang digambarkan pada diagram alir pada Gambar 4

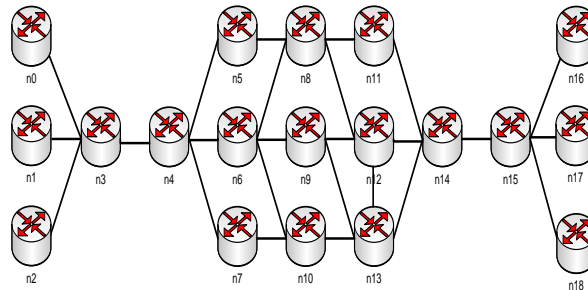


Gambar 4 Diagram alir proses pembuatan simulasi

Simulasi menggunakan NS2 akan menghasilkan beberapa *file* yang berisi catatan kejadian selama proses simulasi berlangsung. *File trace* dapat di ekstrak menjadi data – data yang diperlukan untuk menghitung parameter QoS untuk perbandingan performansi jaringan.

### 3.2 Perancangan Topologi Jaringan

Gambar 5 merupakan rancangan topologi jaringan yang akan digunakan untuk mensimulasikan jaringan IP dan jaringan MPLS pada penelitian ini. Topologi tersebut terdiri dari 19 perangkat/titik (*node*) dan 25 *link* yang terhubung dengan bentuk *Partial Mesh*.



Gambar 5 Rancangan Topologi Jaringan

Berikut adalah parameter dan fungsi yang akan diberikan pada topologi :

- *Node* n0, n1 dan n2 berfungsi sebagai *router* pada sisi pengirim. *Node* pada sisi ini akan mengirimkan informasi berupa data, suara dan video.
- *Node* n16, n17 dan n18 berfungsi sebagai *router* pada sisi penerima.
- *Node* n3, n4, n5, n6, n7, n8, n9, n10, n11, n12, n13, n14 dan n15 merupakan *router* yang berfungsi sebagai perangkat yang akan meneruskan informasi.
- Seluruh *link* diseting dengan mode *duplex*.
- *Bandwidth* untuk *link* adalah 1 Mbps kecuali untuk *link* yang menghubungkan n3 – n4 dan n14 – n15 yaitu 3 Mbps.
- *Link propagation delay* untuk semua *link* adalah 10 ms.
- Tipe antrian untuk yang digunakan pada jaringan adalah *Drop Tail* Dengan besar *Buffer* 10.

### 3.3 Perancangan Aplikasi dan Skenario Jaringan

Skenario dan aplikasi yang akan digunakan untuk menjalankan simulasi jaringan IP dan jaringan MPLS adalah sebagai berikut :

#### 1. Jaringan dengan pembebanan trafik Internet

Aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan paket data adalah FTP dengan ukuran paket minimum 68 Bytes (544 bit) dan maksimum 576 Bytes (4608 bit). Agen yang digunakan adalah TCP. Pada jaringan dengan skenario ini, tiap – tiap *Node* pengirim akan tempati oleh generator trafik FTP. *Node* n0 akan mengirimkan data ke *node* n16 dimulai pada detik 1.0 dan berakhir pada detik 9.5 dengan nama trafik ftp0. *Node* n1 akan mengirimkan data ke *node* n17 dimulai pada detik 1.1 dan berakhir pada detik 9.75 dengan nama trafik ftp0. *Node* n2 akan mengirimkan data ke *node* n18 dimulai pada detik 1.2 dan berakhir pada detik 10.0 dengan nama trafik ftp2.

#### 2. Jaringan dengan pembebanan trafik VoIP

Untuk mensimulasikan VoIP pada ns2, aplikasi yang digunakan adalah *Pareto On/Off* (POO). *Bitrate* yang digunakan adalah 8 kbps, dengan ukuran paket minimum 20 Bytes (160 bit) dan maksimum 40 Bytes (320 bit). Aplikasi *Pareto On/Off* memiliki parameter *burst time* yaitu lamanya waktu *on* generator trafik dan *idle time* yaitu lamanya waktu *off* generator trafik. Besarnya *burst time* pada simulasi

adalah 200 ms dan *idle time* sebesar 10ms. Agen yang digunakan untuk aplikasi ini adalah RTP. Pada jaringan dengan skenario ini, tiap – tiap *Node* pengirim akan tempati oleh generator trafik POO. *Node* n0 akan mengirimkan data ke *node* n16 dimulai pada detik 1.0 dan berakhir pada detik 9.5 dengan nama trafik poo0. *Node* n1 akan mengirimkan data ke *node* n17 dimulai pada detik 1.1 dan berakhir pada detik 9.75 dengan nama trafik pool1. *Node* n2 akan mengirimkan data ke *node* n18 dimulai pada detik 1.2 dan berakhir pada detik 10.0 dengan nama trafik poo2.

3. Jaringan dengan pembebanan trafik IPTV

Untuk mensimulasikan IPTV pada ns2, Aplikasi CBR (*Constant Bit Rate*) digunakan sebagai sumber trafik dengan *rate* 512 kbps. Ukuran paket minimum adalah 188 Bytes (1504 bit) dan maksimum 1560 Bytes (12480 bit). Agen yang digunakan untuk aplikasi ini adalah UDP. Pada jaringan dengan skenario ini, tiap – tiap *Node* pengirim akan tempati oleh generator trafik CBR. *Node* n0 akan mengirimkan data ke *node* n16 dimulai pada detik 1.0 dan berakhir pada detik 9.5 dengan nama trafik cbr0. *Node* n1 akan mengirimkan data ke *node* n17 dimulai pada detik 1.1 dan berakhir pada detik 9.75 dengan nama trafik cbr1. *Node* n2 akan mengirimkan data ke *node* n18 dimulai pada detik 1.2 dan berakhir pada detik 10.0

dengan nama trafik cbr2.

4. Jaringan dengan pembebanan trafik campuran

Untuk pembebanan dengan jenis trafik campuran, tiap *node* pengirim akan ditempati oleh jenis generator trafik yang berbeda. Untuk *Node* n0 akan ditempati oleh generator trafik FTP dengan tujuan *node* n16 dengan nama

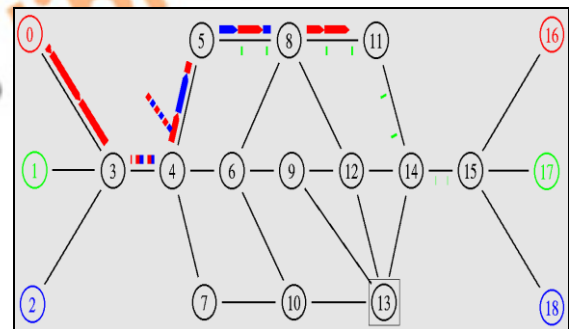
trafik ftp0. *Node* n1 akan ditempati generator trafik POO dengan tujuan *node* n17 dengan nama trafik poo0. Sedangkan *node* n2 akan ditempati generator trafik CBR dengan tujuan *node* n18 dengan nama trafik cbr0. Waktu simulasi dari detik 1 sampai detik 10

Pengambilan data untuk masing – masing skenario dilakukan dengan ukuran paket minimum dan maksimum.

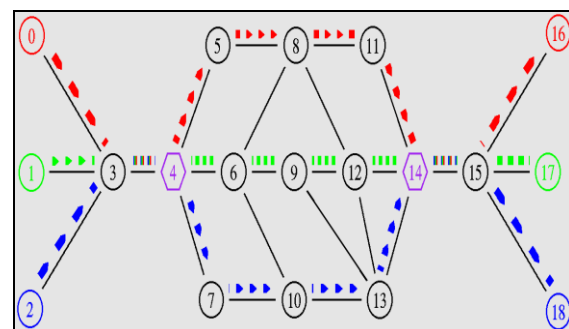
3.4 Pengujian Simulasi

Pengujian simulasi diperlukan untuk melihat apakah *script* yang dibuat telah berhasil atau tidak. Selain itu pengujian simulasi bertujuan untuk memperoleh *file trace* dan *file NAM* yang diperlukan untuk analisa.

Berikut beberapa *screen shot* untuk pengujian simulasi :



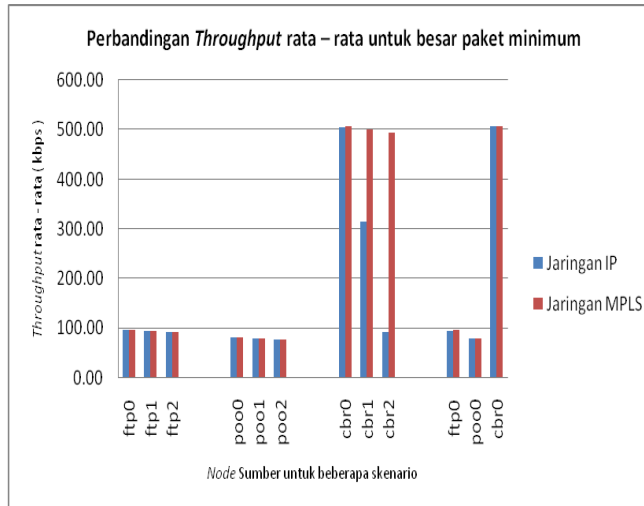
Gambar 6 *Screen shot* untuk simulasi jaringan IP



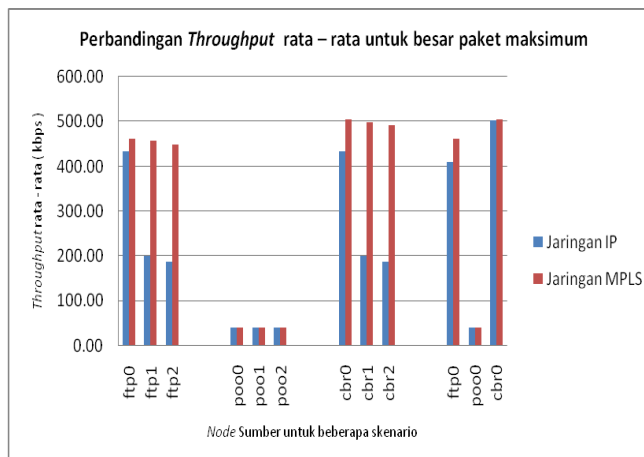
Gambar 7 *Screen shot* untuk simulasi jaringan MPLS

## Analisa Perbandingan *Throughput*

Dari data yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan grafik perbandingan *throughput* rata – rata sebagai berikut:



Gambar 8. Grafik perbandingan *Throughput* rata – rata untuk besar paket minimum



Gambar 9. Grafik perbandingan *Throughput* rata – rata untuk besar paket maksimum

Pada simulasi jaringan dengan ukuran paket minimum, pada skenario dengan trafik data dan suara, kedua jaringan memiliki *throughput* yang hampir sama. Untuk trafik data, kedua jaringan menghasilkan *throughput* berkisar antara 92 – 96 kbps untuk masing – masing koneksi *node*. Sedangkan pada trafik suara kedua jaringan menghasilkan *throughput*

antara 80 - 83 kbps. Namun pada trafik video terlihat jaringan IP menghasilkan *throughput* yang berbeda untuk masing – masing koneksi *node*. Trafik cbr0 memiliki *throughput* paling besar. Berbeda dengan jaringan IP, jaringan MPLS menghasilkan *throughput* yang merata untuk masing – masing koneksi yaitu sekitar 494 -506 kbps.

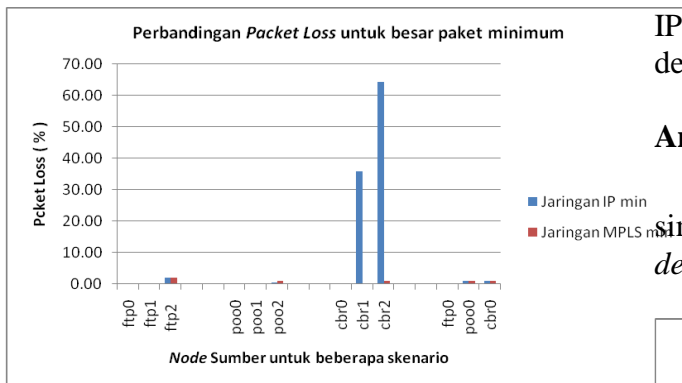
Ketika beban diubah menjadi maksimum, terlihat peningkatan *throughput* untuk trafik data untuk kedua jaringan hingga angka sekitar 450 – 460 kbps. Namun pada jaringan IP, peningkatan secara signifikan hanya terjadi pada trafik ftp0. Sedangkan pada trafik lain hanya meningkat tidak sebesar trafik ftp0. Berlawanan dengan trafik data, trafik suara mengalami penurunan *throughput* yang dihasilkan oleh kedua jenis jaringan. trafik yang dihasilkan menurun hingga setengahnya. Sedangkan pada trafik video, jaringan MPLS tetap menghasilkan *throughput* pada level yang sama dan jaringan IP mengalami penurunan namun tetap pada bentuk ketinggian yang sama.

Untuk skenario dengan trafik campuran, jaringan MPLS menghasilkan *throughput* yang hampir sama dengan rata – rata *throughput* pada masing – masing trafik pada skenario sebelumnya. Pada jaringan IP *throughput* pada masing – masing trafik mengalami perubahan dibanding trafik pada skenario sebelumnya. Trafik video mengalami peningkatan, sedangkan trafik data dan suara mengalami penurunan rata – rata *throughput*.

## Analisa Perbandingan *Packet Loss*

Dari data yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan grafik perbandingan persentase *packet loss* sebagai berikut:





Gambar 10 Grafik perbandingan *packet loss* untuk besar paket minimum



Gambar 11 Grafik perbandingan *packet loss* untuk besar paket maksimum

Dari grafik perbandingan pada gambar 11 terlihat *packet loss* terbesar terjadi pada jaringan IP dengan trafik video. Sedangkan pada simulasi dengan skenario yang lain, besarnya *packet loss* berkisar pada 0 – 2%. Berbeda dengan jaringan IP, jaringan MPLS memiliki persentase *packet loss* yang sangat kecil antara 0 – 1%.

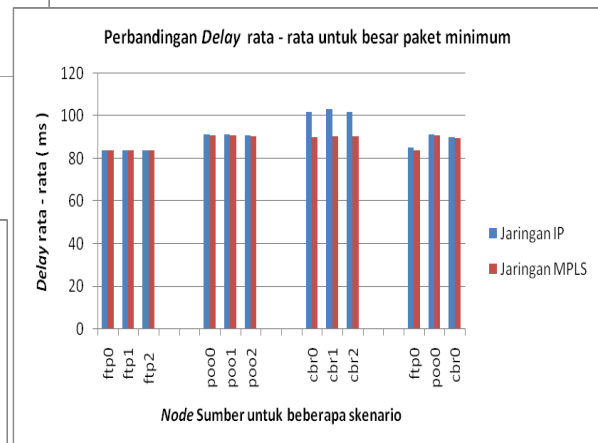
Pada jaringan IP, perubahan besar paket data mempengaruhi besar *packet loss* yang terjadi walaupun hanya terjadi peningkatan sebesar 1%. Sedangkan pada jaringan MPLS, peningkatan besar paket data tidak terlalu mempengaruhi besar *packet loss*.

Jika dilihat pada grafik *throughput* sebelumnya, terlihat perbandingan besarnya *packet loss* berpengaruh pada *throughput* yang dihasilkan oleh jaringan

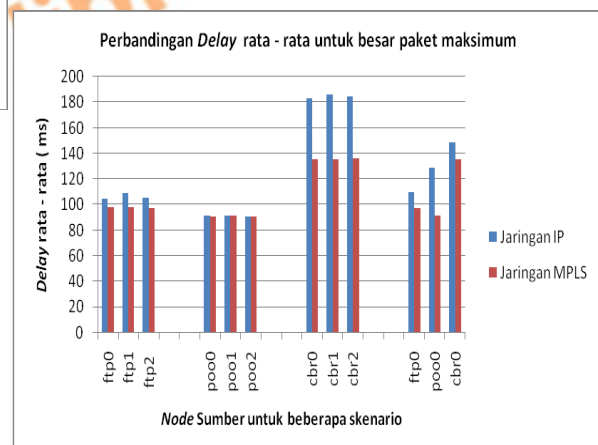
IP. Hal ini terlihat pada jelas pada trafik dengan jenis cbr atau trafik video.

### Analisa Perbandingan Delay

Dari data yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan grafik perbandingan *delay* seperti pada gambar 12 berikut:



Gambar 12 Grafik perbandingan *Delay* untuk besar paket minimum



Gambar 13 Grafik perbandingan *Delay* untuk besar paket maksimum

Pada trafik dengan ukuran paket minimum, jaringan IP dan jaringan MPLS memiliki besar *delay* yang sama untuk koneksi trafik pada skenario trafik data dan suara. Untuk trafik data jaringan IP dan jaringan MPLS memiliki *delay* berkisar antara 83 – 84 ms. Untuk trafik suara, jaringan IP dan jaringan MPLS memiliki *delay* yang lebih besar dibanding trafik data yaitu sekitar 91 – 90 ms. Namun

perbedaan *delay* terlihat pada pengiriman trafik video. Jaringan IP memiliki *delay* yang lebih besar dibandingkan jaringan MPLS dengan selisih 10 ms.

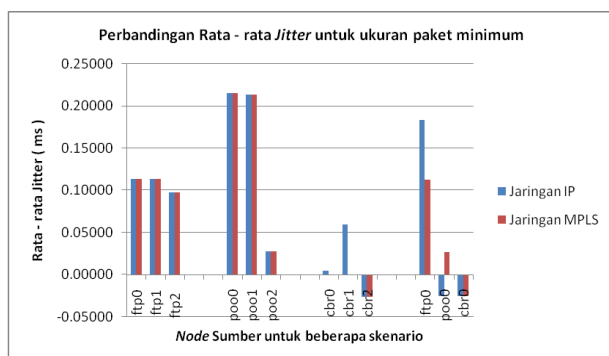
Ketika besar paket di perbesar, *delay* trafik data mengalami perubahan baik pada jaringan IP maupun pada jaringan MPLS. kenaikan besar *delay* pada jaringan IP lebih besar dibandingkan jaringan MPLS. akan tetapi perubahan besar ukuran paket data tidak berpengaruh pada trafik suara. Kedua jaringan tetap memiliki *delay* yang sama dengan ukuran paket sebelumnya.

Kenaikan besar paket pada trafik video mengakibatkan kenaikan besar *delay* pada jaringan IP dan jaringan MPLS. pada jaringan IP terlihat kenaikan *delay* sebesar 80 ms sedangkan pada jaringan MPLS naik sebesar 40 ms.

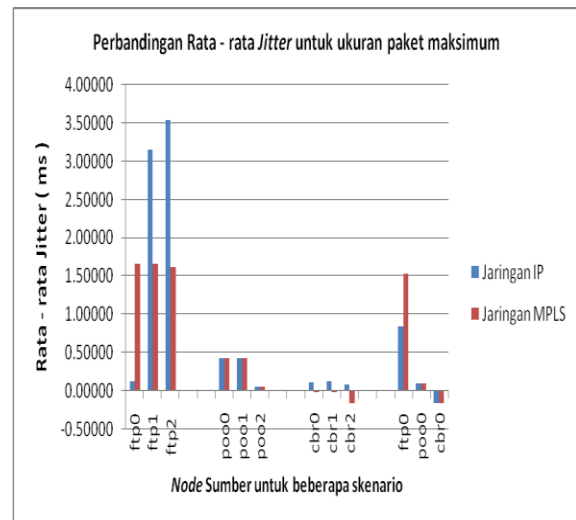
Pada skenario dengan trafik campuran *delay* yang terjadi pada trafik suara meningkat pada jaringan IP dibanding *delay* yang terjadi pada trafik suara di skenario dengann trafik suara. Peningkatan ini terlihat ketika ukuran paket diperbesar. Trafik suara yang awalnya memiliki *delay* sekitar 80 ms meningkat menjadi 128 ms. Namun hal tersebut tidak terjadi pada jaringan MPLS.

### Analisa Perbandingan Jitter

Dari data yang dihasilkan pada simulasi, didapatkan grafik perbandingan rata – rata *jitter* sebagai berikut:



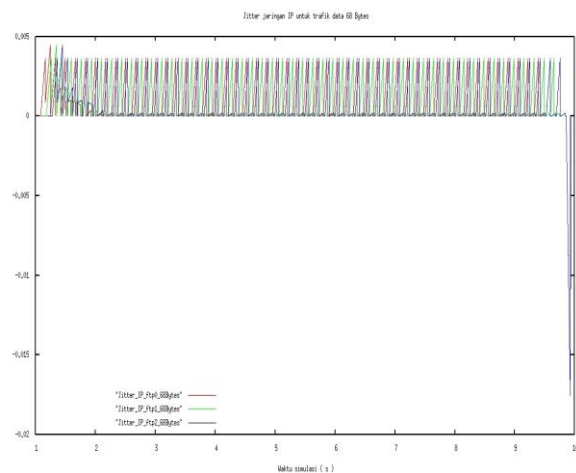
Gambar 14 Grafik perbandingan rata – rata *jitter* untuk besar paket minimum



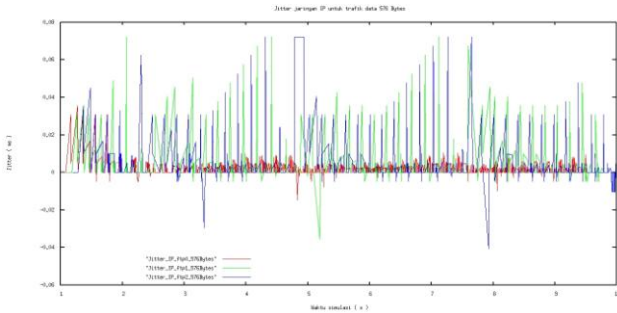
Gambar 15 Grafik perbandingan rata – rata *jitter* untuk besar paket maksimum

Dua grafik pada gambar 14 dan gambar 15 memperlihatkan rata – rata *jitter* yang terjadi pada kedua jaringan. namun untuk menilai perbandingan performansi jaringan tidak dapat mengambil patokan kepada grafik tersebut. Untuk menilai *jitter* yang terjadi harus melihat kepada *grafik jitter* yang terjadi secara *real time*.

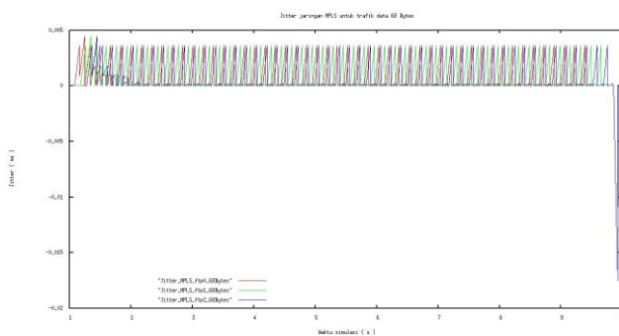
Berikut cuplikan *jitter* yang terjadi pada masing – masing simulasi.



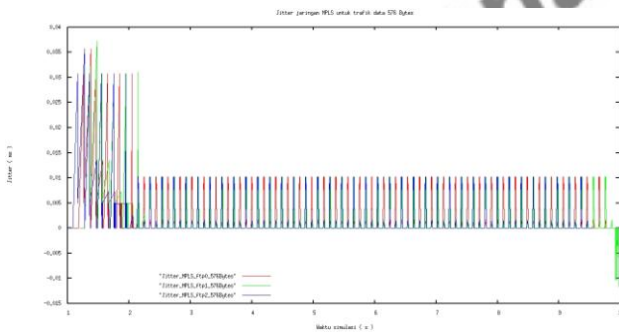
Gambar 16 Grafik *jitter* untuk besar paket data minimum pada jaringan IP



Gambar 17 Grafik *jitter* untuk besar paket data maksimum pada jaringan IP



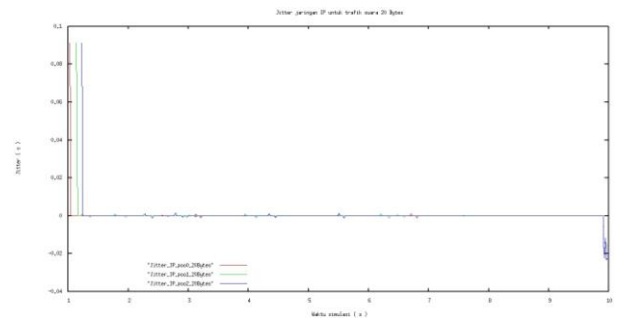
Gambar 18 Grafik *jitter* untuk besar paket data minimum pada jaringan MPLS



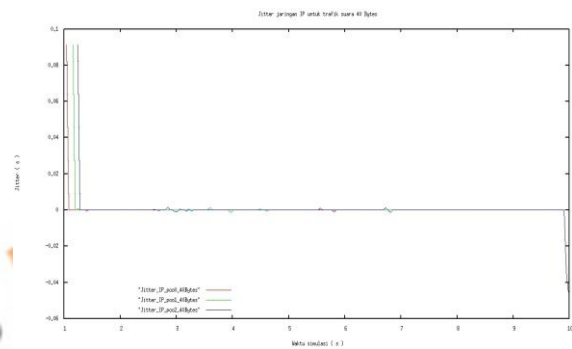
Gambar 19 Grafik *jitter* untuk besar paket data maksimum pada jaringan MPLS

Dari grafik *jitter* terhadap waktu, ketika ukuran paket kecil, jaringan IP dan jaringan MPLS memiliki grafik yang teratur. Hal ini menandakan *jitter* yang terjadi merata sepanjang pengiriman paket dengan besar maksimum 0,005 ms. Ketika ukuran paket diperbesar, jaringan IP mengalami fluktuasi yang tidak teratur, hal ini menandakan *jitter* yang terjadi tidak

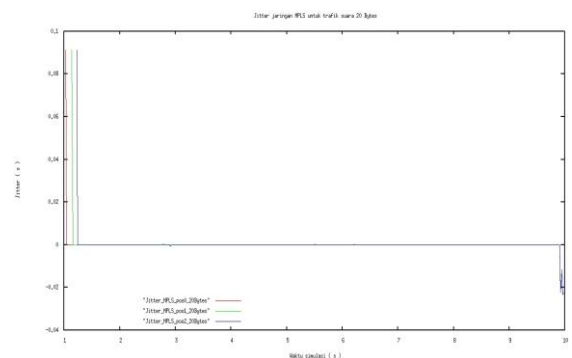
merata. Terlihat adanya *jitter* maksimum dan minimum yang terjadi. Sedangkan pada jaringan MPLS, ketidak teraturan grafik hanya terjadi pada 1 detik pertama.



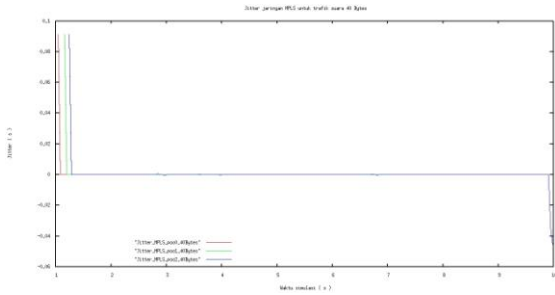
Gambar 20 Grafik *jitter* untuk besar paket suara minimum pada jaringan IP



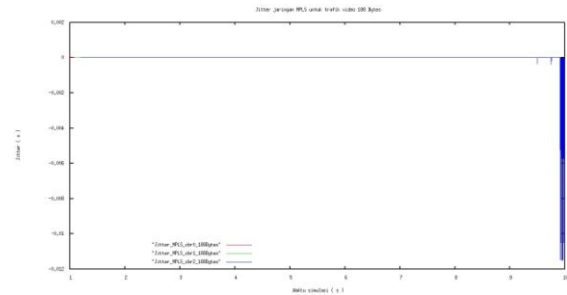
Gambar 21 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan IP



Gambar 22 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan MPLS

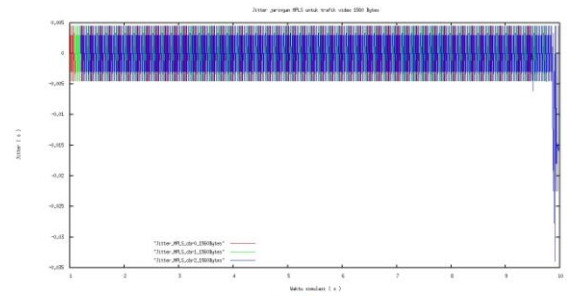


Gambar 23 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan MPLS

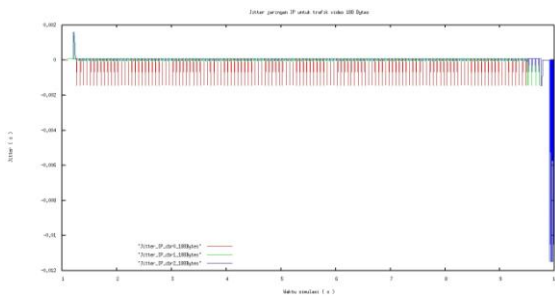


Gambar 26 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan MPLS

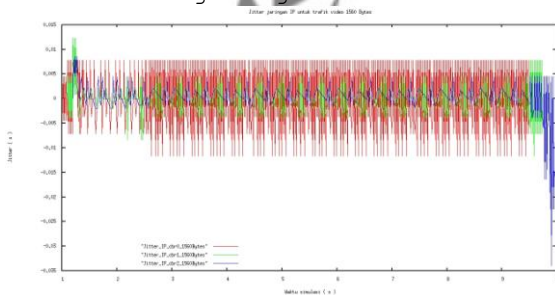
Pada grafik *jitter* untuk trafik suara, baik jaringan IP maupun MPLS memiliki persamaan. Lonjakan *jitter* hanya terjadi pada awal pengiriman data. Namun akan kembali stabil setelah 0,1 detik pengiriman data. Jika dilihat lebih sekasama, selama pengiriman data, jaringan IP masih memiliki *jitter* berukuran kecil.



Gambar 27 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan MPLS



Gambar 24 Grafik *jitter* untuk besar paket video minimum pada jaringan IP



Gambar 25 Grafik *jitter* untuk besar paket suara maksimum pada jaringan IP

Dari grafik *jitter* yang terjadi terhadap waktu simulasi dengan jenis trafik video, pada ukuran paket minimum, jaringan IP memiliki *jitter* yang rata, namun sebagian besar berharga negatif. Sedangkan pada jaringan MPLS, jitter yang terjadi hampir mendekati 0 ms.

Perubahan terjadi ketika ukuran paket diperbesar, *jitter* untuk kedua jenis jaringan mengalami peningkatan dengan interval -0,015 ms hingga 0,005 ms untuk jaringan IP. Sedangkan untuk jaringan MPLS ukurannya lebih kecil yaitu -0,005 hingga 0,005ms.

Dari keseluruhan simulasi, terlihat adanya fluktuasi yang tidak rata pada awal pengiriman, hal ini disebabkan trafik melakukan penyesuaian dengan *link* jaringan sehingga memerlukan waktu.

## Kesimpulan

Dari analisa yang telah dilakukan, didapat beberapa kesimpulan:

1. Performansi jaringan IP sangat dipengaruhi oleh besar *bitrate* trafik dan ukuran paket data. Sedangkan jaringan MPLS tidak terlalu dipengaruhi oleh perubahan tersebut.
2. Jaringan MPLS memiliki Performansi yang lebih baik dibanding jaringan IP dengan perbandingan *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* yang terjadi dengan jenis trafik yang berbeda. Hal ini disebabkan kemampuan jaringan MPLS dalam mengatur trafik yang melewati jaringan
3. Jaringan IP mampu bekerja dengan baik untuk layanan suara dan data, namun tidak terlalu baik dalam layanan video.
4. Layanan Video memerlukan *bandwidth* yang lebih besar dibandingkan layanan lainnya, dimana ketika berada pada jaringan IP, trafik video akan mengurangi kualitas dari layanan lainnya.
5. Terdapat hubungan antar parameter - parameter QoS yang ada. *Throughput* akan menurun jika terdapat *packet loss* yang besar.
6. Penyebab terjadinya *delay* adalah pada proses antrian yang terjadi sepanjang saluran. Hal ini akan menyebabkan banyaknya *packet loss* jika antrian yang terjadi telah penuh.
7. Semakin besar *delay* yang terjadi akan menyebabkan *jitter* yang tinggi.

## Daftar Pustaka

1. K.M Hussain, D.S Hussain, “*Telecommunications and Networks*“, Butterworth Heineman, Oxford, 1997.
2. Ray Horak, “*Telecommunications and Data Communications Handbook*“, Wiley-Interscience, New Jersey, 2007.
3. Lillian Goleniewski, “*Telecommunications Essentials*“, Addison Wesley, 2002.
4. E. Rosen, A. Viswanathan, R. Callon, “*Multiprotocol Label Switching Architecture*“, RFC 3031, IETF, January 2001.
5. Hellberg, Chris. Greene, Dylan. Boyes, Truman. “*Broadband Network Architecture*“, Pearson Education, Inc, Boston, 2007
6. Hens, Francisco J. Caballero, Jose M “*Triple Play, the covered network for IP, VoIP and IPTV*“, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, 2008