

IMPLEMENTASIDAN ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN MULTICAST VPLS (*Virtual Private LAN Service*) UNTUK LAYANAN VIDEO STREAMING

IMPLEMENTATION AND PERFORMANCE ANALYSIS OF MULTICAST VPLS (*Virtual Private LAN Service*) NETWORK FOR VIDEO STREAMING SERVICE

¹Devi Fitriani

²Dr. Rendy Munadi, Ir., MT.

³Ratna Mayasari, ST., MT.

^{1,2,3}Fakultas Teknik Elektro – Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹devifitriani92@gmail.com

²rendy_munadi@yahoo.co.id

³ratnamayasari07@yahoo.com

ABSTRAK

Video streaming merupakan suatu layanan yang memungkinkan sebuah *server* untuk mengirimkan *video* ke beberapa *user* yang berada pada suatu jaringan. Sebagai contoh layanan *video streaming* dapat dimanfaatkan untuk *long distance learning*. Untuk menyediakan layanan *long distance learning* dibutuhkan suatu jaringan yang dapat menjaga privasi *client* dan menyediakan jaminan QoS. Hal ini dapat diatasi dengan teknologi *tunneling* pada jaringan *Virtual Private Network (VPN)*. Tetapi *tunneling* ini memiliki kelemahan karena kompleksitas jaringan dan mahalnya perangkat yang digunakan. Sehingga lahirlah teknologi *Virtual Private LAN Service (VPLS)* yang dapat mengatasi masalah tersebut. Dengan penambahan teknologi *multicast* pada VPLS diharapkan dapat meningkatkan QoS layanan yang bersifat *point-to-multipoint* seperti *video streaming*.

Pada tugas akhir ini dilakukan pengujian jaringan *Multicast VPLS* untuk layanan *video streaming*. Skenario pengujian yang dilakukan antara lain untuk melihat perbandingan performansi dari jaringan OSPF dan VPLS, dan pengaruh implementasi *multicast* pada VPLS, pengaruh variasi *bandwidth*, variasi *bitrate*, dan variasi jumlah *client* yang mengakses layanan *video streaming*.

Dari hasil pengujian dan analisis implementasi sistem *Multicast VPLS* didapatkan hasil yaitu jaringan VPLS memiliki QoS yang lebih baik daripada jaringan OSPF karena dapat mengurangi *delay* sampai 20.03%, meningkatkan *throughput* sampai 23.13%, dan mengurangi *packet loss* sampai 79.91%. Penambahan teknologi *multicast* terbukti dapat meningkatkan performansi jaringan VPLS yaitu dapat mengurangi *delay* sampai 25.66%, meningkatkan *throughput* 34.27%, tetapi *packet loss* yang dihasilkan oleh *multicast* lebih besar yaitu memiliki selisih sampai 3.54% dibandingkan *unicast*. Kemudian *bandwidth*, *bitrate*, dan juga jumlah *client* yang mengakses layanan *video streaming* terbukti mempengaruhi performansi dari jaringan *multicast VPLS* untuk layanan *video streaming*.

Kata kunci: QoS, MPLS, VPLS, *Multicast*, *Tunneling*

ABSTRACT

Video streaming is a service that allows a server to send video to multiple users in a network. For example, video streaming services can be used for long distance learning. To provide long distance learning requires a network that can maintain client privacy and provide QoS guarantees. This can be overcome by tunneling on the network technology of Virtual Private Network (VPN). But this has the disadvantage of tunneling network complexity and high cost of the device used. Thus was born the technology of Virtual Private LAN Service (VPLS) which can solve the problem. With the addition of multicast in VPLS technology is expected to improve the QoS services that have point-to-multipoint characteristics such as video streaming.

In this final project, Multicast VPLS network for video streaming service is tested. Scenario of the testing is conducted, among others, to compare the performance of the OSPF network and VPLS, and the effect of implementation of multicast in VPLS, the influence of variations in bandwidth, bitrate variations, and variations in the number of clients that access the streaming video service.

From the results of the testing and analysis of system implementation Multicast VPLS, VPLS network is obtained which has a better QoS than OSPF network because it can reduce the delay up to 20.03%, increase throughput up to 23.13% and reduce packet loss up to 79.91%. The addition of multicast technology is proven to increase the performance of the VPLS network can reduce the delay up to 25.66%, increase throughput up to 34.27%, but the packet loss generated by multicast is larger that has up to 3.54% difference compared to unicast. Then the bandwidth, bitrate, and also the number of clients that access a streaming video service shown to affect the performance of multicast VPLS network for video streaming service.

Keywords: QoS, MPLS, VPLS, *Multicast*, *Tunneling*

1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat, terobosan baru di bidang *education* terutama *long distance learning* pun dibutuhkan. Salah satu faktor penting demi terwujudnya *long distance learning* adalah dibutuhkannya jaringan *private* yang menjamin privasi *client*, jaminan QoS, dan juga kecepatan transfer data yang tinggi. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, *client* dapat menggunakan teknologi *tunneling* seperti pada *Virtual Private Network* (VPN) yang dapat menjamin privasi *client* ketika sedang berkomunikasi. Dengan adanya teknologi *tunneling*, antar cabang suatu institusi yang memiliki lokasi geografis yang berbeda dapat saling berkomunikasi dengan aman walaupun melalui jaringan *public*. Tetapi teknologi *tunneling* ini memiliki kelemahan yaitu tingkat kompleksitas jaringan yang tinggi dan juga perangkatnya yang mahal.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan membuat sebuah jaringan *Virtual Private LAN Service* (VPLS). Teknologi VPLS bukanlah merupakan sebuah teknologi yang baru karena VPLS menggunakan teknologi MPLS sebagai jaringan *backbone*-nya. VPLS merupakan bentuk implementasi dari jaringan MPLS VPN di layer 2. Karena menggunakan teknologi MPLS untuk jaringan *backbone*-nya, kecepatan transfer data yang diberikan pun tinggi. Hal ini disebabkan pada MPLS, metode *forwarding* datanya menggunakan informasi dari *label* yang disisipkan pada paket IP, sehingga dapat mengurangi *delay* pembacaan *routing table*. Berbeda dengan VPN biasa yang bersifat *point-to-point*, VPLS merupakan teknologi VPN yang bersifat *point-to-multipoint* sehingga hal ini menguntungkan *client* karena dapat menghubungkan dua atau lebih daerah yang memiliki segmen *Local Area Network* (LAN) yang sama.

Selain itu, *long distance learning* dapat dilakukan dengan menggunakan layanan *video streaming*. Penambahan teknologi *multicast* pada VPLS akan sangat bermanfaat ketika diimplementasikan pada layanan yang bersifat *point-to-multipoint* seperti *video streaming*.

Dalam Tugas Akhir ini diimplementasikan *multicast* pada jaringan VPLS. Parameter yang akan diukur adalah parameter *Quality of Service* (QoS) yaitu *one-way delay*, *packet loss*, dan *throughput*. Dengan diimplementasikannya *multicast* ini diharapkan dapat meningkatkan performansi jaringan VPLS untuk dilewatkan layanan *video streaming*.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dijadikan obyek penelitian dan pengembangan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagaimana membuat konfigurasi jaringan VPLS.
- b. Bagaimana membuat konfigurasi *multicast*.
- c. Bagaimana membangun server *video streaming*.
- d. Bagaimana menganalisa pengaruh performansi *multicast* pada jaringan VPLS.
- e. Bagaimana perbandingan nilai tiga parameter ketika diimplementasikan *multicast* dan tanpa *multicast* pada jaringan VPLS.

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

- a. Membangun jaringan VPLS.
- b. Mengimplementasikan *multicast* pada jaringan VPLS.
- c. Membangun server *video streaming*.
- d. Menganalisa performansi jaringan ketika diimplementasikan *multicast* dan tanpa *multicast*.
- e. Membandingkan tiga parameter QoS yaitu *one-way delay*, *throughput*, *packet loss* ketika diimplementasikan *multicast* dan tanpa *multicast*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian dan pengembangan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Tempat dilaksanakan Tugas Akhir ini adalah Laboratorium Teknik Switching O204, Faculty of Electrical Engineering, Universitas Telkom.
- b. Membangun jaringan VPLS menggunakan Mikrotik RouterBoard 750.
- c. Komunikasi yang dilakukan adalah *streaming video* oleh *client* dari server *video streaming*.
- d. Performansi yang akan diukur adalah parameter QoS yaitu: *one-way delay*, *packet loss* dan *throughput*.
- e. Sisi keamanan jaringan tidak diperhitungkan.
- f. Implementasi dilakukan pada *isolated network*.
- g. Hanya membahas pada jaringan IPv4 dikarenakan Mikrotik RouterBoard 750 tidak mendukung fitur VPLS IPv6.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini adalah:

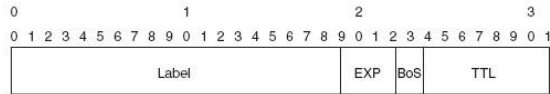
- a. Studi literatur
Studi literatur ini dimaksudkan untuk mempelajari konsep dan teori-teori yang dapat mendukung proses perancangan sistem.
- b. Perancangan dan implementasi
Meliputi aplikasi dari konsep dan teori yang telah diperoleh. Melakukan pengujian terhadap hasil perancangan yang telah dikerjakan.
- c. Pengujian dan analisis implementasi
Melakukan pengukuran parameter QoS pada layanan *video streaming*.
- d. Penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan.

2 Dasar Teori

2.1 Multi Protocol Label Switching (MPLS)

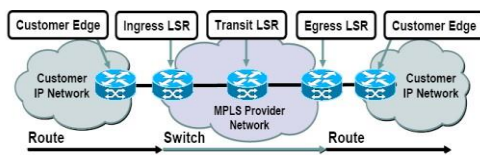
Multi Protocol Label Switching (MPLS) adalah suatu metode *forwarding* (meneruskan data melalui suatu jaringan dengan menggunakan informasi dalam label yang dilekatkan pada paket IP), sehingga memungkinkan *router* untuk meneruskan paket dengan hanya melihat label dari paket itu, tidak perlu melihat alamat IP tujuannya.^[14]

Format header MPLS:



Gambar 2.1 Format MPLS Header^[14]

Komponen dasar penyusun jaringan MPLS:^[14]



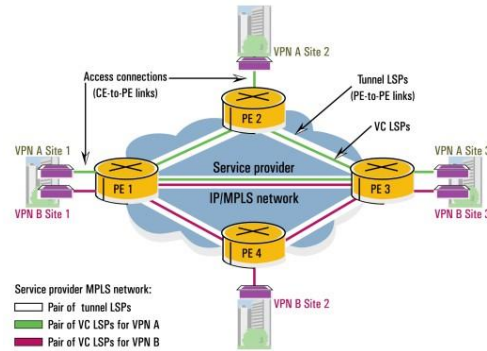
Gambar 2.2 Komponen Header MPLS^[14]

- a. **MPLS node**
Router pada jaringan MPLS yang akan meneruskan paket yang diterimanya berdasarkan label.
- b. **MPLS label**
Merupakan *header* tambahan yang diletakan diantara layer 2 dan IP *header*.
- c. **MPLS Ingress Node**
MPLS *node* yang mengatur trafik saat paket memasuki MPLS *core*. *Ingress node* biasa disebut juga PE (*Provider Edge*) *router*.
- d. **MPLS Egress Node**
MPLS *node* yang mengatur trafik saat paket meninggalkan MPLS *core*. *Egress node* biasa disebut juga PE (*Provider Edge*) *router*.
- e. **Label Edge Router (LER)**
MPLS *node* yang menghubungkan sebuah MPLS domain dengan *node* yang berada di luar MPLS domain.
- f. **Label Switched Path (LSP)**
Merupakan jalur yang terbentuk dari serangkaian satu atau lebih *Label Switching Hop* dimana paket diteruskan oleh label *swapping* berdasarkan tabel *Forwarding Equivalent Class (FEC)* dari satu MPLS *node* ke MPLS *node* yang lain.
- g. **Label Switching Router (LSR)**
Router yang mendukung MPLS *forwarding*. LSR biasa disebut juga P (*Provider*) *router*.

2.2 Virtual Private LAN Service (VPLS)

VPLS, yang dikenal juga sebagai *Transparent LAN Service (TLS)* atau *E-LAN service*, adalah *multipoint VPN layer 2* yang mengijinkan banyak daerah untuk dihubungkan dalam satu *single bridge domain* yang sama melalui jaringan IP/MPLS. Semua daerah client dalam VPLS *instance* dapat

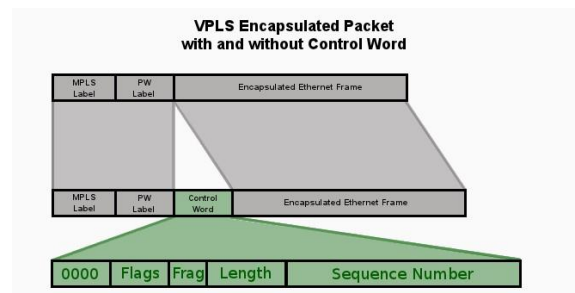
seolah-olah berada pada satu jaringan LAN yang sama walaupun sebenarnya terpisah secara geografis. VPLS menggunakan *interface Ethernet* ke *client*-nya.^[3]



Gambar 2.3 VPLS Reference Model^[11]

Jaringan VPLS terdiri dari *Customer Edge (CE)*, *Provider Edge (PE)*, dan jaringan MPLS sebagai *core network*-nya.^[3]

- a. Perangkat CE merupakan sebuah *router* atau *switch* yang terletak pada sisi *client*, dapat dimiliki maupun di-*manage* oleh *client* ataupun dimiliki dan juga di-*manage* oleh *service provider*. Perangkat CE terhubung ke PE melalui sebuah *Attachment Circuit (AC)*. Dalam kasus VPLS, diasumsikan bahwa *interface* antara CE dan PE adalah *Ethernet*.
- b. Perangkat PE merupakan dimana kecerdasan VPN berada, dimana VPLS dimulai dan diakhiri, dan dimana semua *tunnel* yang dibutuhkan dibentuk untuk menghubungkan semua PE. Karena VPLS merupakan layanan *Ethernet layer 2*, PE harus memiliki kemampuan untuk pembacaan *Media Access Control (MAC)*.
- c. *Core network IP/MPLS* menginterkoneksi setiap PE. Sebenarnya *core IP/MPLS* tidak benar-benar berpartisipasi dalam fungsi VPN. Trafik secara *simple* di-*switch* berdasarkan MPLS label.

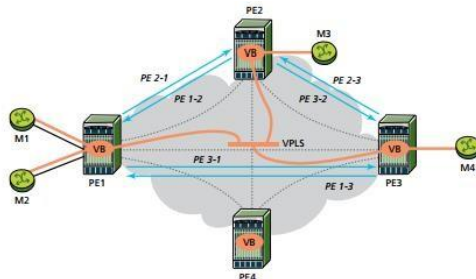


Gambar 2.4 VPLS Packet Format^[13]

2.1 Cara Kerja VPLS

Diasumsikan bahwa ada *full mesh* antara empat PE yang terhubung ke jaringan MPLS. Sebagai contoh, sebuah VPLS *instance* diidentifikasi oleh *Service-identifier 101 (Svc-id 101)* harus dibuat antara PE1, PE2, dan PE3. PE4 tidak ikut

berpartisipasi dalam VPLS instance ini. Asumsikan bahwa konfigurasi ini ditentukan dengan menggunakan mekanisme *auto-discovery* yang tidak ditentukan. M1, M2, M3, dan M4 adalah *end-station* yang terdapat pada lokasi *client* yang berbeda dan AC mereka ke perangkat PE masing-masing telah dikonfigurasi dalam PE yang tergabung dalam VPLS instance, Svc-id 101.^[3]



PE1 -> PE2: For SVC-ID 101 use VC label PE 2-1
 PE2 -> PE1: For SVC-ID 101 use VC label PE 1-2
 PE1 -> PE3: For SVC-ID 101 use VC label PE 3-1
 PE3 -> PE1: For SVC-ID 101 use VC label PE 1-3
 PE2 -> PE3: For SVC-ID 101 use VC label PE 2-3
 PE3 -> PE2: For SVC-ID 101 use VC label PE 3-2

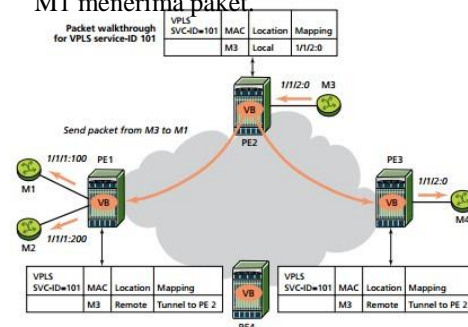
Gambar 2.5 PW Signaling^[3]

- a. Pembentukan PW
 Tiga PW perlu dibuat, masing-masing terdiri dari sepasang LSP searah atau VC. Untuk pensinyalan VC label antara PE, setiap PE memulai sesi *targeted* LDP ke PE *peer* dan berkomunikasi dengan PE *peer* dimana VC label digunakan ketika mengirim paket untuk VPLS yang dipertimbangkan. Spesifik VPLS instance diidentifikasi pada pertukaran pensinyalan menggunakan sebuah *service identifier* sebagai contoh Svc-101. Dalam contoh berikut, PE1 mengindikasikan ke PE2 “Jika Anda memiliki trafik untuk dikirim kepada saya untuk Svc-id 101, gunakan VC label PE2-1 pada enkapsulasi paket”. Demikian juga, PE2 mengindikasikan ke PE1 “Jika Anda memiliki trafik untuk dikirim kepada saya untuk Svc-id 101, gunakan VC label PE1-2 pada enkapsulasi paket”. Melalui cara ini, PW pertama dibuat.^[3]

- b. MAC learning dan paket forwarding
 Setelah VPLS instance dengan Svc-id 101 telah dibuat, paket pertama dapat dikirim dan proses MAC learning dimulai. Asumsikan M3 sedang mengirimkan sebuah paket ke PE2 yang ditujukan untuk M1 (M3 dan M1 diidentifikasi dengan alamat MAC yang unik), seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:^[3]
 - PE2 menerima paket dan mempelajari (dari alamat MAC sumber) bahwa M3 dapat dicapai pada port local 1/1/2:0, dia menyimpan informasi ini pada FIB untuk Svc-id 101.
 - PE2 belum mengetahui alamat MAC tujuan M1, sehingga dia membanjiri paket ke PE1 dengan VC label PE2-1 (pada MPLS *outer tunnel* yang sesuai) dan PE3 dengan VC

label PE2-3 (pada MPLS *outer tunnel* yang sesuai). Format paket ditunjukkan pada gambar.

- PE1 belajar dari VC label PE2-1 bahwa M3 berada di belakang PE2, dia menyimpan informasi ini pada FIB untuk Svc-id 101.
- PE3 belajar dari VC label PE2-3 bahwa M3 berada di belakang PE2, dia menyimpan informasi ini pada FIB untuk Svc-id 101.
- PE1 mencopot label PE2-1, tidak tahu tujuan M1 dan membanjiri paket pada port 1/1/1:100 dan 1/1/1:200.
- PE3 mencopot label PE2-3, tidak tahu tujuan M1 dan mengirim paket ke port 1/1/2:0.
- M1 menerima paket.



Gambar 2.6 VPLS Learning^[3]

- Ketika M1 menerima paket dari M3, dia menjawab dengan sebuah paket ke M3.
- PE1 menerima paket dari M1 dan mempelajari bahwa M1 berada pada local port 1/1/1:100. Dia menyimpan informasi ini pada FIB untuk Svc-id 101.
- PE1 sudah mengetahui bahwa M3 dapat dicapai melalui PE2 dan karena itu hanya mengirimkan paket ke PE2 menggunakan label VC PE1-2.
- PE2 menerima paket untuk M3. Dia mengetahui bahwa M3 dicapai pada port 1/1/2:0.
- M3 menerima paket.

2.3 Multicast

Multicast merupakan transmisi yang dimaksudkan untuk banyak tujuan, tetapi tidak harus semua *client*. Oleh karena itu, multicast dikenal sebagai metode transmisi *one-to-many* (satu ke banyak). Multicast banyak digunakan untuk layanan yang bersifat *point-to-multipoint* seperti *video streaming*, *video conference*, dll.

Konsumsi *bandwidth* dengan menggunakan IP multicasting relatif tetap mengingat setiap *peer* hanya perlu mengirimkan satu *datagram* sebab oleh multicast *router* akan digandakan dan didistribusikan melalui *multicast tree*. Aplikasi layanan *multiparty* dan *live streaming* sangat cocok apabila diterapkan dengan menggunakan IP multicasting.^[6]

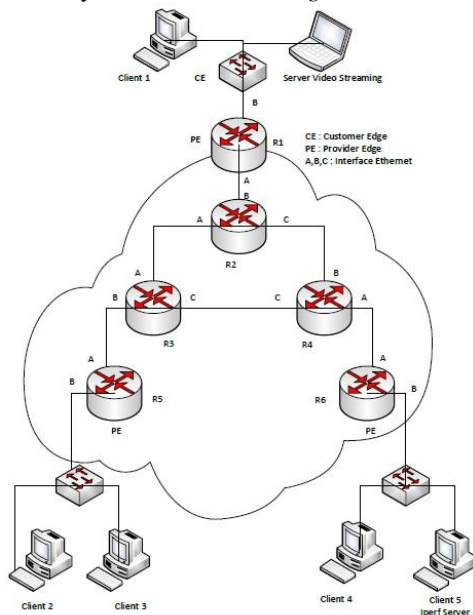
2.4 Video Streaming

Streaming adalah suatu teknologi untuk memainkan *file audio* atau *video* secara langsung maupun dengan *prerecord* dari sebuah mesin server (*web server*). *File audio* atau *video* yang terletak pada sebuah *server* dapat secara langsung dijalankan pada komputer *client* sesaat setelah ada permintaan dari pengguna sehingga proses *download file* tersebut yang menghabiskan waktu cukup lama dapat dihindari.

3 Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1 Realisasi Sistem

Pada bab ini akan dipaparkan bagaimana merancang dan mengimplementasikan *multicast* pada jaringan VPLS yang akan dilalui layanan *video streaming*. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mengenal sistem kerja *router*. *Router-router* ini selanjutnya akan dikonfigurasi VPLS dan *multicast*. Hal kedua yang perlu dilakukan adalah menginstall VLC pada komputer *client* sebagai *software* layanan *video streaming*.



Gambar 3.1 Topologi Jaringan VPLS Multicast

3.2 Skenario Pengujian Sistem

Skenario pengukuran pada jaringan *Multicast* VPLS akan dilakukan pada Laboratorium Teknik Switching O204 Fakultas Teknik Elektro Universitas Telkom. Adapun berbagai macam skenario yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

3.2.1 Perbandingan Performansi Jaringan OSPF dan VPLS

Pada skenario ini akan dilakukan pengujian terhadap jaringan OSPF dan VPLS untuk melihat performansi keduanya. Pengujian dilakukan dengan menambahkan *background traffic* yang berbeda-beda yaitu 0 Mbps, 25 Mbps, 50 Mbps, dan 75 Mbps.

Kemudian hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis keduanya.

Selain itu juga akan dilakukan pengujian untuk membandingkan performansi ketika jaringan VPLS menggunakan *interface* Ethernet dengan kabel UTP *category* 6 dan *category* 5e. Kemudian diuji ketika diberikan *background traffic* melebihi kapasitas dari kabel UTP tersebut.

3.2.2 Perbandingan Performansi Unicast dan Multicast Pada Jaringan VPLS

Pada skenario ini akan dilakukan pengujian terhadap jaringan VPLS unicast dan VPLS multicast untuk melihat performansi keduanya. Pengujian dilakukan dengan menambahkan *background traffic* yang berbeda-beda yaitu 0 Mbps, 25 Mbps, 50 Mbps, dan 75 Mbps. Jumlah *client* yang digunakan dalam pengujian adalah sebanyak 5 *client*. Kemudian hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis keduanya.

3.2.3 Perbandingan Performansi Jaringan Multicast VPLS dengan Variasi Bandwidth, Variasi Bitrate, dan Variasi Jumlah Client

Pada skenario ini akan dilakukan pengujian terhadap jaringan VPLS multicast untuk melihat performansinya. Pengujian dilakukan dengan menambahkan *background traffic* yang berbeda-beda yaitu 0 Mbps, 25 Mbps, 50 Mbps, dan 75 Mbps. Untuk melihat pengaruh *bandwidth* dilakukan pengujian dengan variasi *bandwidth* yaitu 256kbps dan 1024kbps. Kemudian untuk melihat pengaruh *bitrate* dilakukan pengujian dengan variasi *bitrate* yaitu 16kbps, 512kbps, dan 1024kbps. Setelah itu untuk melihat pengaruh jumlah *client* dilakukan pengujian dengan variasi *client* yaitu 1 *client* dan 5 *client*. Kemudian hasil dari pengujian ditampilkan dalam bentuk grafik dan dianalisis keduanya.

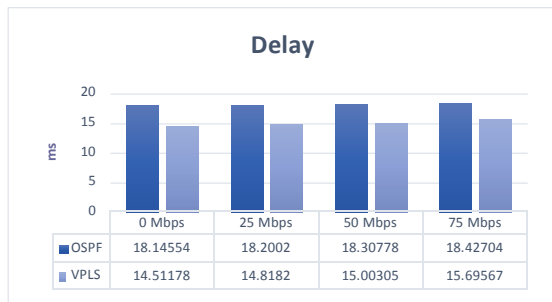
4 Pengujian dan Analisis Hasil Implementasi

Pada bab ini akan dibahas hasil implementasi *Multicast* VPLS yang telah dilaksanakan di Laboratorium Teknik Switching Universitas Telkom. Untuk layanan *video streaming* memiliki standar sebagai berikut:

- Packet loss* bernilai $< 20\%$ (ITU-T standart).
- One-way latency* ≤ 150 ms (ITU-T standart).
- Bandwidth* minimum adalah $+ 20\%$. Sebagai contoh, 384-kbps sesi *video conference* membutuhkan 460kbps *bandwidth* untuk menjamin QoSnya.
- Codec *video* yang digunakan adalah H.264.

4.1 Analisa Performansi Jaringan OSPF dan VPLS

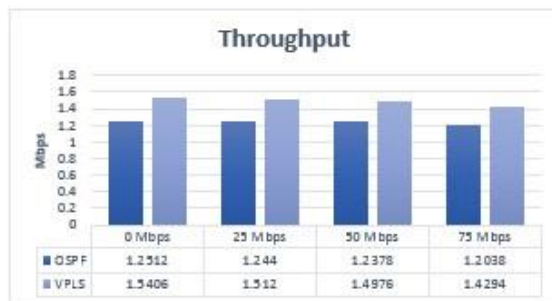
1. Delay



Gambar 4.1 Delay Skenario 1

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa *delay* yang didapat pada jaringan OSPF lebih besar daripada *delay* pada jaringan VPLS. Hal ini disebabkan karena pada jaringan OSPF, paket yang datang dianalisa pada tiap kedatangan di *node* selanjutnya sehingga hal ini menyebabkan bertambahnya waktu untuk proses pembacaan routing tabel dan menentukan jalur mana yang akan dilewati. Sedangkan pada jaringan VPLS karena menggunakan *backbone* MPLS sehingga paket hanya dianalisa sekali pada saat paket memasuki jaringan MPLS dan pemilihan jalur berdasarkan pada label yang terdapat pada tiap paket sehingga proses pembacaan *routing* tabel pada tiap *node* dapat dihilangkan.

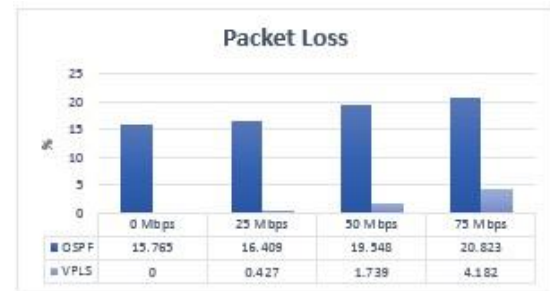
2. Throughput



Gambar 4.2 Throughput Skenario 1

Throughput pada jaringan VPLS mengalami perbaikan walaupun tidak terlalu signifikan. Perbaikan yang tidak terlalu signifikan ini disebabkan karena pada jaringan VPLS multicast terjadi penambahan label RD sebanyak 64 bit pada paket yang dikirimkan, sehingga jumlah total label yang ditambah pada header paket menjadi 84 bit, yang tentunya akan menambah ukuran besarnya file asli dari *video streaming* tersebut.

3. Packet Loss



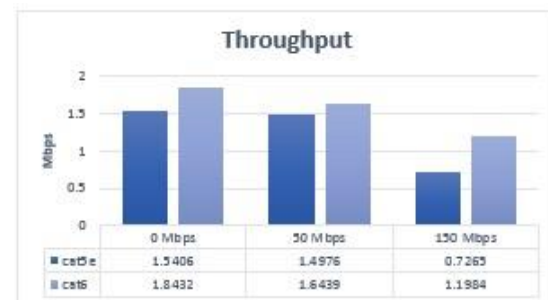
Gambar 4.3 Packet Loss Skenario 1

Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa *Packet loss* dari jaringan VPLS multicast memiliki nilai yang lebih kecil daripada jaringan OSPF multicast. Dengan semakin bertambahnya *background traffic* yang diberikan, *packet loss* yang terjadi semakin besar. Untuk jaringan OSPF multicast sendiri pada *background traffic* 75 Mb sudah melebihi standar ITU-T yaitu < 20 % dan sudah melebihi standar dari Cisco untuk layanan *video streaming* sebesar < 5 %. Sedangkan untuk jaringan VPLS multicast masih memenuhi kedua standar tersebut.

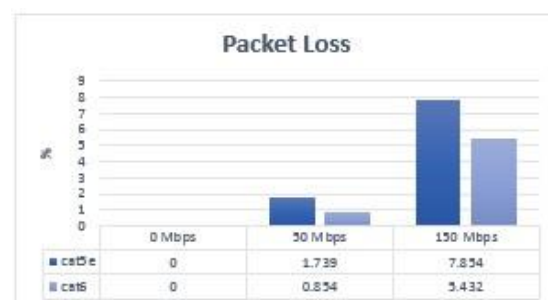
4. Perbandingan Kabel UTP cat5e dan cat6



Gambar 4.4 Delay Kabel UTP cat5e dan cat6



Gambar 4.5 Throughput Kabel UTP cat5e dan cat6



Gambar 4.6 Packet Loss Kabel UTP cat5e dan cat6

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa jaringan VPLS yang menggunakan kabel UTP cat6 untuk *interface* Ethernet-nya memiliki performansi yang lebih bagus dibandingkan jaringan VPLS yang menggunakan kabel UTP cat5e. Hal ini disebabkan karena kabel UTP cat6 merupakan standar kabel untuk Gigabit Ethernet dan *protocol* lain yang cocok dengan kabel UTP cat5 atau 5e. Kabel UTP cat6 memiliki spesifikasi yang lebih ketat untuk *crosstalk* dan *noise system*. Standar kabel menyediakan performansi sampai 250MHz dan cocok untuk 10BASE-T/100BASE-TX dan 1000BASE-T/1000BASE-TX (Gigabit Ethernet). Berbeda dengan kabel UTP cat5e yang hanya memiliki atau menyediakan performansi sampai 100MHz.

4.2 Analisa Performansi Unicast dan Multicast Pada Jaringan VPLS

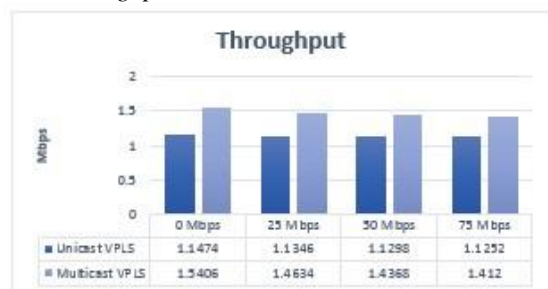
1. *Delay*



Gambar 4.7 Delay Skenario 2

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa *delay* yang didapat pada jaringan VPLS unicast lebih besar daripada *delay* pada jaringan VPLS multicast. Hal ini disebabkan karena pada jaringan VPLS unicast, pengiriman paket dilakukan secara point-to-point sehingga setiap user akan dikirim paket *video streaming*. Sehingga ketika ada 5 user yang mengakses sebuah video yang sama pada satu server, server akan mengirim paket tersebut ke masing-masing user. Sehingga dalam satu waktu akan terdapat 5 paket yang sama dalam satu jaringan, hal tersebut akan menyebabkan boros bandwidth. Sedangkan pada jaringan VPLS multicast paket hanya akan dikirim sekali walaupun user yang mengakses lebih dari satu. Paket tersebut akan dikirim ke suatu group multicast dan user yang akan mengakses hanya cukup untuk bergabung pada group tersebut.

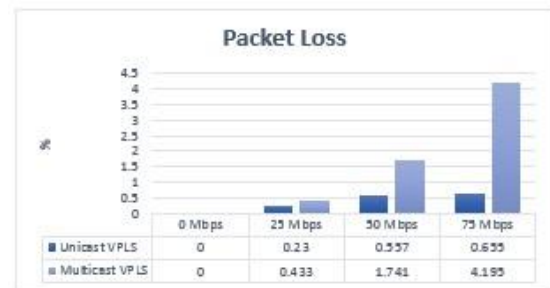
2. *Throughput*



Gambar 4.8 Throughput Skenario 2

Throughput pada jaringan VPLS multicast lebih baik daripada jaringan VPLS unicast. Hal ini dikarenakan pada jaringan VPLS unicast, utilitas link semakin meningkat ketika user yang mengakses video semakin banyak sehingga akan menyebabkan boros bandwidth walaupun video yang diakses sama. Berbeda dengan jaringan VPLS multicast dimana paket dikirim pada suatu group multicast sehingga paket hanya akan dikirim sekali saja. Hal ini akan menghemat bandwidth dari link tersebut.

3. *Packet Loss*

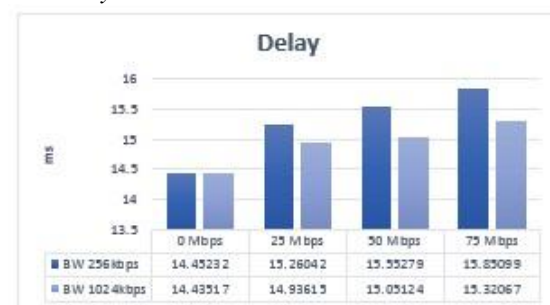


Gambar 4.9 Packet Loss Skenario 2

Dari hasil pengukuran didapatkan bahwa *Packet loss* dari jaringan VPLS multicast memiliki *packet loss* yang lebih besar daripada jaringan VPLS unicast. Hal ini disebabkan karena pada jaringan VPLS multicast terjadi penambahan label RD sebanyak 64 bit pada paket yang dikirimkan, sehingga jumlah total label yang ditambah pada header paket menjadi 84 bit, yang tentunya akan menambah ukuran besarnya file asli dari *video streaming* tersebut. Tetapi hal ini tidak terlalu menjadi masalah karena untuk *background traffic* paling tinggi yaitu 75 Mb, *packet loss* yang terjadi masih memenuhi standar dari Cisco untuk layanan *video streaming* yaitu < 5 % dan masih memenuhi standar dari ITU-T yaitu < 20 %. Dan hal ini cenderung konstan untuk berapapun user yang mengakses layanan *video streaming*.

4.3 Analisis Performansi Jaringan Multicast VPLS dengan Variasi Bandwidth, Variasi Bitrate, dan Variasi Jumlah Client untuk Layanan Video streaming

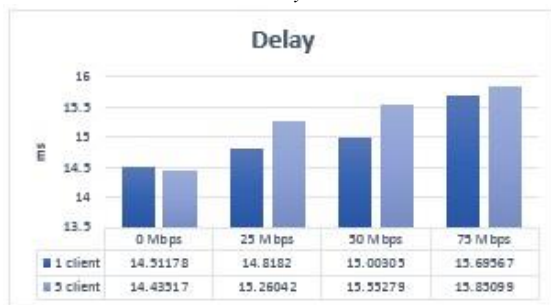
1. *Delay*



Gambar 4.10 Delay Variasi Bandwidth



Gambar 4.11 Delay Variasi Bitrate



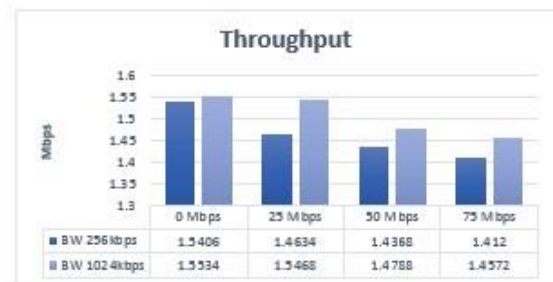
Gambar 4.12 Delay Variasi Client

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa *delay* yang didapat pada jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps lebih besar daripada jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps. Hal ini disebabkan karena pada bandwidth 1024kbps memiliki lebar bandwidth lebih besar sehingga jalur yang dilalui paket juga lebih besar. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan *delay* 1024kbps memiliki performansi yang lebih baik dari bandwidth 256kbps.

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa pada bitrate 1024kbps memiliki *delay* yang paling kecil. Hal ini disebabkan karena kemampuan transfer data dalam tiap detik lebih besar daripada bitrate 16kbps maupun 512kbps. Oleh karena itu, dengan ukuran paket yang sama dan karakteristik jaringan yang sama, jaringan dengan bitrate 1024kbps memiliki *delay* yang lebih sedikit daripada jaringan dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps memiliki performansi yang lebih baik daripada bitrate 16kbps dan 512kbps.

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa semakin meningkat jumlah user yang mengakses layanan *video streaming*, *delay* yang terjadi cenderung bertambah walaupun selisihnya tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan semakin meningkatnya jumlah user yang mengakses layanan *video streaming* akan mempengaruhi performansi jaringan VPLS multicast.

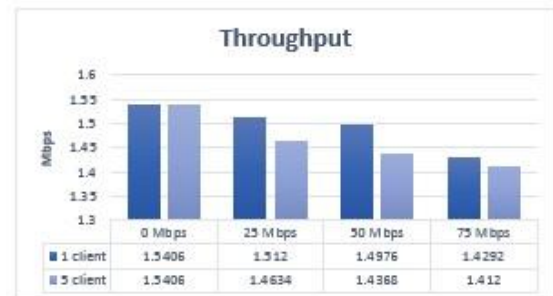
2. Throughput



Gambar 4.13 Throughput Variasi Bandwidth



Gambar 4.14 Throughput Variasi Bitrate



Gambar 4.15 Throughput Variasi Client

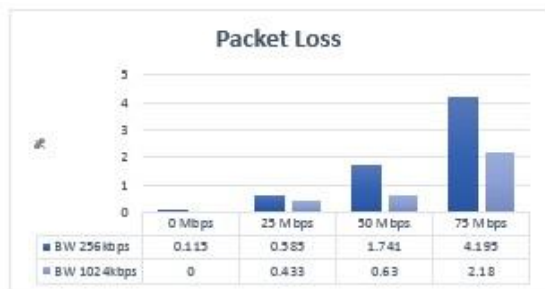
Throughput pada jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps lebih baik daripada jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps. Hal ini dikarenakan pada jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps memiliki lebar link yang lebih luas, sehingga paket yang dikirim tiap waktu dapat lebih banyak. Berbeda dengan jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps memiliki lebar bandwidth yang lebih kecil sehingga jumlah trafik yang dapat lewat dalam satu satuan waktu pun menjadi lebih sedikit. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps lebih baik daripada jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps.

Throughput pada jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps lebih baik daripada jaringan VPLS dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps. Hal ini dikarenakan pada jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps dapat mengirim paket data yang lebih banyak dalam tiap satu satuan waktu sehingga *throughput* yang dihasilkan juga lebih besar. Berbeda dengan jaringan dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps dimana kecepatan transfer paket lebih rendah sehingga *delay* akan membesar dan berakibat pada *throughput* menjadi menurun. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps lebih

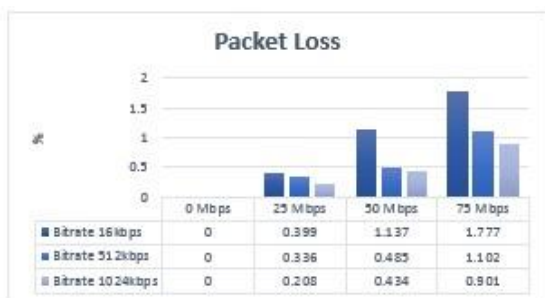
baik daripada jaringan VPLS dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps.

Dapat dilihat pada grafik bahwa ketika user yang mengakses layanan *video streaming* semakin bertambah, *throughput* yang dihasilkan semakin menurun. Tetapi penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyaknya user yang mengakses layanan *video streaming* maka *throughput* yang dihasilkan semakin menurun.

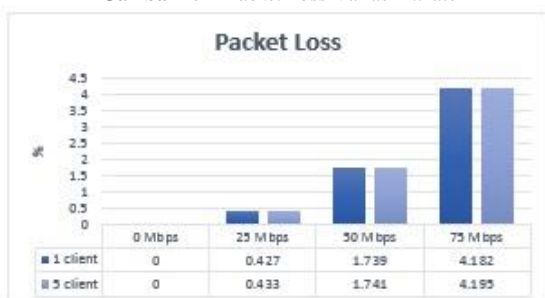
3. Packet Loss



Gambar 4.16 Packet Loss Variasi Bandwidth



Gambar 4.17 Packet Loss Variasi Bitrate



Gambar 4.18 Packet Loss Variasi Client

Dari grafik terlihat bahwa jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps memiliki *packet loss* yang lebih kecil daripada jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps. Hal ini dikarenakan pada jaringan VPLS bandwidth 1024kbps memiliki lebar link yang lebih besar sehingga *packet loss* yang terjadi dapat lebih sedikit. Berbeda dengan jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps, lebar bandwidth yang tersedia lebih kecil. Hal ini dapat menyebabkan ketika trafik yang dikirimkan melebihi kapasitas bandwidth, paket yang datang akan dibuang atau didrop oleh jaringan. Sehingga *packet loss* yang

besar pun tidak dapat dihindari. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan bandwidth 1024kbps memiliki performansi yang lebih bagus dari jaringan VPLS dengan bandwidth 256kbps.

Dari grafik terlihat bahwa jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps memiliki *packet loss* yang lebih kecil daripada jaringan VPLS dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps. Hal ini dikarenakan pada jaringan VPLS bitrate 1024kbps memiliki kecepatan transfer data yang lebih tinggi sehingga *packet loss* yang terjadi dapat lebih sedikit. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa jaringan VPLS dengan bitrate 1024kbps memiliki performansi yang lebih baik daripada jaringan VPLS dengan bitrate 16kbps maupun 512kbps.

Dari grafik di atas terlihat bahwa *packet loss* yang terjadi tidak terlalu signifikan ketika user semakin bertambah. Tetapi ketika jaringan diberi *background traffic* 75Mb terjadi lonjakan *packet loss* yang cukup besar, tetapi masih berada dalam standar *packet loss* yang ditetapkan oleh Cisco yaitu < 5% maupun standar dari ITU-T yaitu <20%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya user, tidak terlalu berpengaruh pada *packet loss*, tetapi semakin bertambahnya *background traffic* pada jaringan akan sangat berpengaruh pada *packet loss*.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil proses implementasi, pengujian, dan analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengukuran bahwa semakin besar *background traffic* yang dialirkan akan mengurangi kualitas dari semua parameter QoS yang diukur, tetapi hingga pengaliran 75% dari besarnya bandwidth jaringan nilai yang didapat sudah melewati batas maksimal suatu parameter.
- Jaringan VPLS Multicast memiliki performansi QoS seperti delay, *packet loss*, dan *throughput* yang lebih baik daripada jaringan OSPF Multicast. Jaringan VPLS Multicast terbukti dapat mengurangi delay sampai 20.03%, meningkatkan *throughput* sampai 23.13%, dan mengurangi *packet loss* sampai 79.91%.
- Penambahan teknologi multicast juga terbukti dapat meningkatkan QoS layanan video streaming. Jaringan VPLS Multicast terbukti memiliki performansi QoS seperti delay, *packet loss*, dan *throughput* yang lebih baik daripada teknologi VPLS Unicast. Jaringan VPLS Multicast dapat mengurangi delay sampai 25.66%, meningkatkan *throughput* sampai 34.27%, tetapi untuk *packet loss* jaringan VPLS Multicast memiliki *packet loss* yang lebih besar,

tetapi masih di bawah standar packet loss yang diperbolehkan yaitu sebesar 3.54%.

- d. Performansi QoS dari jaringan VPLS Multicast dapat dipengaruhi oleh besarnya bandwidth yang ditentukan untuk tiap user. Semakin besar bandwidth untuk tiap user, performansi QoSnya akan menjadi lebih baik.
- e. Performansi QoS dari jaringan VPLS Multicast dapat dipengaruhi oleh besarnya bitrate yang digunakan. Semakin tinggi bitrate yang digunakan, performansi QoSnya akan menjadi lebih baik.
- f. Performansi QoS dari jaringan VPLS Multicast dapat dipengaruhi oleh banyaknya user yang mengakses layanan video streaming. Semakin banyak user yang mengakses layanan video streaming, performansi QoSnya akan menurun.

5.2 Saran

- a. Dilakukan penambahan fitur keamanan pada jaringan VPLS Multicast seperti authentication dan authorization.
- b. Implementasi dilakukan dengan menambah banyaknya node/router dan menguji performansi jaringan VPLS Multicast jika dilakukan lebih dari satu stream video pada satu waktu.
- c. Dilakukan pengujian dengan menambahkan lebih dari satu VPLS ID dan dilakukan pengujian komunikasi antar domain VPLS.
- d. Dilakukan penambahan teknologi VRRP pada jaringan VPLS Multicast sehingga reliability dan availability jaringan terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agilent Technologies. 2003. Testing Edge Services: VPLS over MPLS, diunduh dari alamat <http://staff.i.pw.edu.pl/>, pada September 2014.
- [2] Alawieh, Bassel dan Hussein Mouftah. 2007. Delivering Multicast Services over MPLS Infrastructure.
- [3] Alcatel-Lucent. 2009. VPLS Technical Tutorial, diunduh dari alamat www.fplfibernet.com, pada Agustus 2014.
- [4] Anonim. 2012. Multicast, diunduh dari alamat www.niif.hu/en/hbone, pada Agustus 2014.
- [5] Biradar, Shivanagouda, Basel Alawieh, dan Hussein Mouftah. 2006. Deliver Multicast Traffic over VPLS Domain Using Aggregated Multicast Trees.
- [6] Darmawan, Firdaus. 2004. Analisis Penerapan IP Multicasting Pada Sistem Peer-to-Peer. Universitas Telkom.
- [7] Dong, Ximing dan Shaohua Yu. 2006. Delivering Reliable Real-Time Multicast Services over Virtual Private LAN Service.
- [8] Gunawan, Chandra. 2013. Implementasi dan Analisis Performansi VRRP (Virtual Router Redundancy Protocol) Pada Jaringan MPLS VPN

Layer 3 (Multi Protocol Label Switching Virtual Private Network) Untuk Layanan VoIP. Universitas Telkom.

- [9] Kurnia, Dendy. 2011. Analisis Performansi Jaringan MPLS-VPN Multicast Untuk Layanan Video Streaming. Universitas Telkom.
- [10] Laboratorium Teknik Switching. 2013. Modul Praktikum Teknik Switching. Universitas Telkom.
- [11] Liyanage, M. dan Gurtov, A. 2013. A scalable and secure VPLS architecture for provider provisioned networks.
- [12] Liyanage, M., Ylianttila, M. dan Gurtov, A. 2013. Secure hierarchical Virtual Private LAN Service for provider provisioned networks.
- [13] Mikrotik. 2013. Manual: VPLS Control Word, diunduh dari alamat <http://wiki.mikrotik.com>, pada September 2014.
- [14] Perdana, Ardias Wirawan. 2011. Analisis Performansi QoS (Quality of Service) Jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS) Berbasis IP Multimedia Subsystem (IMS). Universitas Telkom.
- [15] Price-Evans, Iwan. 2013. What is MPLS and GMPLS?, diunduh dari alamat www.metaswitch.com/wiki, pada Agustus 2014.