

ANALISIS PERFORMANSI QUALITY OF SERVICE INTER AS MPLS-VPN BACK-TO-BACK VRF PADA LAYANAN IMS
QUALITY OF SERVICE PERFORMANCE ANALYSIS OF INTER AS MPLS-VPN BACK-TO-BACK VRF ON IMS SERVICES

¹Sabrina Chairunnisa ²Dr. Ir. Rendy Munadi, M.T. ³Danu Dwi Sanjoyo, S.T., M.T.

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹schairunnisaaa@students.telkomuniversity.ac.id,

²rendymunadi@telkomuniversity.ac.id, ³danudwj@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Di era kemajuan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat, kebutuhan akan layanan multimedia berbasis IP pun semakin tinggi. Lebih dari setengah penduduk Indonesia kini telah terhubung ke internet. Perkembangan teknologi internet juga telah membuktikan bahwa jaringan internet yang terpisah harus dapat dibangun dan dihubungkan satu sama lainnya sehingga user atau pelanggan dapat mengirim dan menerima traffic tanpa harus memikirkan bahwa beberapa provider terlibat dalam transportasi pengiriman paket data. Salah satu teknologi yang mendukung hal tersebut adalah teknologi Inter AS Multi Protocol Label Switching (MPLS) dengan fitur VPN (Virtual Private Network).

Pada Tugas Akhir ini, telah dilakukan pengujian performansi kualitas layanan IMS yang dijalankan pada jaringan backbone berbasis Inter AS MPLS VPN background traffic 0, 1, 5, 10, 20 Mbps. Hasil pengujian menunjukkan nilai throughput berbanding terbalik dengan besarnya nilai background traffic. Nilai throughput pada layanan VoIP menurun dari nilai sebesar s.d 0,08576 Mbps s.d. 0,06265 Mbps dan menurun sebesar 0,6802 Mbps s.d 0,5806 Mbps pada layanan video call. Pada kedua layanan didapatkan nilai jitter rata-rata $\ll 1$ ms dan delay < 150 ms. Dan didapatkan nilai packet loss dari kedua layanan pada kedua metode masuk kedalam kategori layak untuk background traffic 0 Mbps, 1 Mbps, dan 5 Mbps.

Kata kunci : Kamailio, SIP, NGN, IMS, VoIP, Video Call, QoS

Abstract

Nowadays, the advancement of information and communication technology is increasing rapidly, where the need for IP-based multimedia services is even higher. More than half the population of Indonesia has now connected to the internet. The development of internet technology has also proven that separate internet networks must be built and connected to each other so that users or customers can send and receive traffic without having to think that some providers are involved in transporting packet data delivery. One of the technologies that support it is Inter AS Multi Protocol Label Switching (MPLS) technology with VPN (Virtual Private Network) feature.

At the end of this task, performance testing of IMS service quality has been performed on Inter-AS MPLS VPN backbone with the variable of background traffic 0, 1, 5, 10, 20 Mbps. The test results show the throughput value is inversely proportional to the value of the background traffic. The throughput value of VoIP services decreases from a value of s. 0.08576 Mbps s.d. 0.06265 Mbps and decreased by 0.6802 Mbps s.d 0.5806 Mbps in video call services. In both services, the average jitter value is $\ll 1$ ms and the delay is < 150 ms. And obtained packet loss value from both methods entered into a feasible category for 0 Mbps, 1 Mbps and 5 Mbps background traffic. **Keywords :** Kamailio, SIP, NGN, IMS, VoIP, Video Call, QoS

1. Pendahuluan

Di era kemajuan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat, kebutuhan akan layanan multimedia berbasis IP pun semakin tinggi. Survei yang dilakukan oleh Asosiasi Penyelenggara Jaringan Internet Indonesia (APJII) mengungkapkan bahwa lebih dari setengah penduduk Indonesia kini telah terhubung ke internet [1]. Survei yang dilakukan sepanjang 2016 itu menemukan bahwa 132,7 juta orang Indonesia telah terhubung ke internet dan lebih dari 80% menggunakan layanan komunikasi real-time berbasis IP. Salah satu platform yang menyediakan layanan multimedia tersebut adalah IP Multimedia Subsystem.

Perkembangan teknologi internet juga telah membuktikan bahwa jaringan internet yang terpisah dapat dibangun dan dihubungkan satu sama lainnya sehingga user atau pelanggan dapat mengirim dan menerima traffic tanpa harus memikirkan bahwa beberapa provider terlibat dalam transportasi pengiriman paket data. Provider dapat memonitor dan mengontrol Autonomous System (AS) mereka dan mengirimkan traffic internet yang mereka terima ke tujuan melalui provider lainnya atau yang berbeda.

Teknologi Inter AS Multi Protocol Label Switching (MPLS) dengan fitur VPN (Virtual Private Network) mampu memberikan fasilitas tunnel yang membangun sebuah jalur dari satu site ke site lain secara virtual dan mempunyai tingkat keamanan yang cukup baik.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini akan dianalisis kualitas performansi jaringan terhadap layanan berbasis IMS pada jaringan MPLS VPN yang dapat saling terhubung dengan tujuan memenuhi kebutuhan interkoneksi jaringan multiple provider apabila single network tidak dapat lagi menutupi kebutuhan semua pelanggan.

2. Dasar Teori

2.1 Multi Protocol Label Switching Overview

Multi Protocol Label Switching (MPLS) adalah suatu metode forwarding data (paket diteruskan melewati suatu jaringan) dengan menggunakan informasi dalam label yang dilekatkan pada paket IP.

2.2 MPLS VPN Overview

Salah satu feature yang dapat digunakan pada jaringan MPLS adalah fitur MPLS-VPN. VPN dapat terbentuk dengan adanya fasilitas tunnel yang dapat melintasi jaringan MPLS. Fasilitas tunnel tersebut bisa membangun sebuah jalur sebuah site ke site lain secara virtual dan mempunyai tingkat keamanan yang cukup baik karena site to site connection tersebut hanya dapat diakses oleh user yang berada pada salah satu site (private connection) [9].

2.3 Autonomous System

Autonomous system merupakan sekumpulan perangkat jaringan yang memiliki manajemen sendiri, berada di bawah administrasi dan strategi routing yang sama. Autonomous system berarti jaringan lokal yang memiliki manajemen dan sistem sendiri. Dengan otoritas yang dimilikinya, Administratif jaringan berhak mengatur dan menetapkan aturan yang sesuai dengan kebutuhan organisasi. Beberapa protocol routing didesain agar paling baik bekerja dalam sebuah Autonomous system tunggal sehingga protocol-protokol ini disebut Interior Gateway Protocol atau disingkat IGP. Sebaliknya, hanya satu protocol routing, Border Gateway Protokol (BGP), yang digunakan antar router dari Autonomous system yang berbeda-beda yang disebut dengan EGP [10].

2.4 Open Shortest Path First (OSPF)

Open Shortest Path First (OSPF) adalah sebuah protocol Interior Gateway Protocol untuk perutingan antar router yang terdapat dalam single Autonomous System. OSPF bekerja dengan Algoritma Dijkstra dengan cara membangun sebuah pohon jalur terpendek (shortest path tree) dan kemudian routing table akan diisi dengan jalur-jalur terbaik yang dihasilkan dari lintasan tersebut. OSPF melakukan convergence dengan cepat dengan sedikit pertukaran data, meskipun mungkin tidak secepat EIGRP, dan OSPF mendukung multiple route dengan cost yang sama [12]. Video call adalah telepon dengan layar video dan mampu menangkap gambar sekaligus suara yang ditransmisikan. Fungsi video call sebagai alat komunikasi antara satu orang dengan orang lainnya secara *real-time*. [7]

2.5 Inter AS MPLS-VPN

Komunikasi Inter AS (Autonomous System) atau Inter Provider MPLS VPN memungkinkan komunikasi antar penyedia layanan. Dalam perkembangan, VPN perlu berada di autonomous berbeda dalam daerah geografis yang berbeda. AS (Autonomous System) merupakan sebuah jaringan tunggal atau kelompok jaringan yang dikontrol oleh sebuah system administration group. VPN perlu dilakukan perluasan untuk menghindari overlapping VPN. Terlepas dari kompleksitas dan lokasi VPN, koneksi antar inter-AS harus mulus kepada customer.

Sistem Inter AS yang terpisah dari provider yang berbeda dapat berkomunikasi dengan bertukar informasi layer jaringan IPv4 dalam bentuk VPN-alamat IPv4. PE router menggunakan Exterior Border Gateway Protocol (EBGP) untuk pertukaran informasi. Kemudian, Interior Border Gateway Protocol (IBGP) mendistribusikan informasi jaringan lapisan untuk VPN-prefiks IPv4 sepanjang masing-masing VPN dan setiap sistem AS. Dalam Inter AS (Autonomous System) MPLS VPN.

Mengacu kepada standar IETF, RFC 4364 hanya terdapat 3 metode yang sama pada metode yang dikeluarkan Cisco, yaitu :

- a. Back to Back VRF : paket yang di-forward antar ASBR berupa paket IP, satu interface logical per VPN dihubungkan secara directly connected dengan ASBR dengan membagi satu interface tersebut ke dalam sub interface sejumlah VPN yang digunakan.
- b. MP-BGP VPNv4 bertukar data secara langsung dengan PE-ASBR menggunakan eBGP serta diberi label, next hop digunakan untuk pertukaran informasi ke seberang autonomous system, ASBR-ASBR harus dihubungkan secara directly connected, PE-ASBR mampu menyimpan semua rute VPN yang ingin bertukar informasi didalam tabel BGP.

2.6 Quality of Service [3]

QoS adalah parameter yang menunjukkan kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis platform teknologi. QoS tidak diperoleh langsung dari infrastruktur yang ada, melainkan diperoleh dengan mengimplementasikan pada jaringan yang telah dibuat. Pada penelitian saat ini menganalisis 3 parameter QoS sebagai berikut:

2.6.1 Delay

Delay merupakan Delay merupakan waktu yang diperlukan sebuah paket dalam melakukan perjalanan dari pengirim ke penerima.. Dalam penelitian tugas akhir ini delay yang dimaksudkan adalah delay rata-

rata yang merupakan one way delay, yaitu jumlah total waktu pengiriman paket dalam satu kali pengalamatan dalam hal ini satu kali simulasi dibagi dengan jumlah usaha pengiriman yang berhasil dalam satu kali pengamatan tersebut.

2.6.2 Jitter

Jitter didefinisikan sebagai variasi delay yang diakibatkan oleh panjang antrian dalam suatu pengolahan data dan reassemble paket-paket data di akhir pengiriman akibat kegagalan sebelumnya. Jitter merupakan masalah yang khas pada connectionless atau packet switch network. Cisco menetapkan bahwa jitter untuk komunikasi real time seperti video interaktif dan voice tidak boleh melebihi 1 ms.

2.6.3 Throughput

Throughput dapat diartikan sebagai jumlah data per satuan waktu yang dikirim di dalam sebuah jaringan, dari suatu titik jaringan ke titik jaringan yang lain.

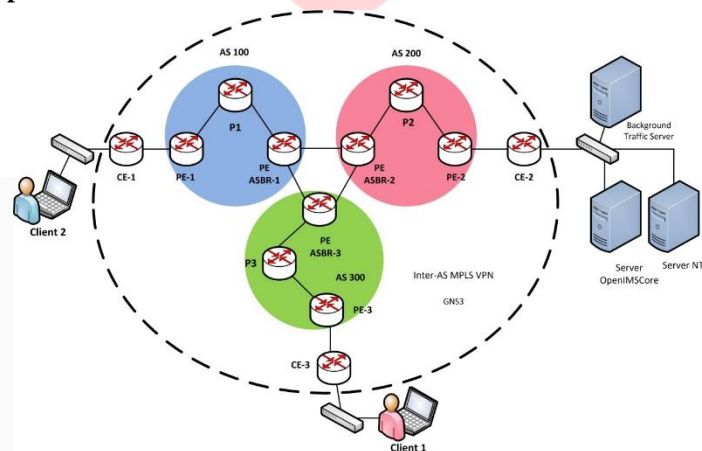
2.6.4 Packet loss

Packet loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. Packet loss dapat terjadi ketika sebuah paket dibuang oleh jaringan karena tidak dapat diteruskan pada output interface.

2.3 IP Multimedia Subsystem (IMS)

IP Multimedia Subsystem (IMS) berfungsi sebagai platform standar untuk layanan multimedia melalui jaringan IP pada protokol SIP yang memungkinkan operator untuk menggunakan satu platform untuk beberapa layanan multimedia. IMS ini merupakan bagian dari standar arsitektur Next Generation Network (NGN) [8]. Pada arsitektur IMS memiliki komponen inti adalah CSCF kemudian komponen pendukung softswitching systemnya, yaitu HSS, SIP AS, MGCF, dan MGW. Pada CSCF terdapat 3 komponen yaitu P-CSCF, I-CSCF, dan S-CSCF.

3. Perancangan dan Implementasi



Gambar 3.1 Topologi Implementasi Sistem

Pada gambar 3.1 jaringan Inter AS MPLS-VPN Back To Back VRF terdiri dari tiga buah router Customer Edge (CE), tiga buah router Provider Edge (PE), tiga buah router Provider (P), dan 3 router PE-ASBR yang akan menghubungkan setiap Autonomous System. Dari konfigurasi jaringan tersebut, prangkat-perangkat yang digunakan dalam membangun jaringan tersebut adalah:

1. Backbone core network dari MPLS-VPN merupakan router yang dibangun dengan menggunakan Emulator GNS3 (Graphical Network Simulator) dengan IOS seri 7200, dimana IOS ini dapat melayani Inter AS MPLS-VPN Back To Back VRF.
2. Jaringan akses yang digunakan merupakan jaringan LAN dengan standar IEEE 802.3 yang berinteraksi dengan backbone network melalui ruter CE (Customer Edge) dimana terdapat switch sebagai perantara user dengan CE.
3. Layanan VoIP dan Video Call yang disediakan oleh server OpenIMScore menggunakan aplikasi IMS Client yang diinstal pada OS Windows 10.
4. Server tambahan :
 - a. Server Background Traffic menggunakan iperf untuk membanjiri trafik dalam jaringan
 - b. Server NTP (Network Time Protocol) sebagai penyedia sinkronisasi waktu antar client

4. Pengujian dan Analisis Implementasi Sistem

Pada bagian ini dibahas analisis dari hasil implementasi yang telah dilakukan di Laboratorium Application and Security Universitas Telkom. Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kualitas layanan VoIP dan video call di implementasikan pada jaringan berbasis Inter AS MPL-VPN Back-to-Back VRF dan MP-BGP.

Pada tugas akhir ini, pengujian dilakukan beberapa macam skenario:

1. Uji pengiriman data melalui Inter-AS MPLS VPN Back to Back VRF yang menggunakan IGP OSPF pada layanan VoIP dengan background traffic yang bervariasi dan nilainya yang berubah-ubah. Uji dengan penambahan trafik 0 kbps, 1 Mbps, 5Mbps, 10 Mbps, 20 Mbps.
2. Uji pengiriman data melalui Inter-AS MPLS VPN Back to Back VRF yang menggunakan IGP OSPF pada layanan Video Call dengan background traffic yang bervariasi dan nilainya yang berubah-ubah. Uji dengan penambahan trafik 0 kbps, 1 Mbps, 5Mbps, 10 Mbps, 20 Mbps.
3. Uji pengiriman data melalui metode Inter-AS MP-BGP pada layanan VoIP dengan background traffic yang bervariasi dan nilainya yang berubah-ubah. Uji dengan penambahan trafik 0 kbps, 1 Mbps, 5Mbps, 10 Mbps, 20 Mbps.
4. Uji pengiriman data melalui metode Inter-AS MP- BGP yang pada layanan Video Call dengan background traffic yang bervariasi dan nilainya yang berubah-ubah. Uji dengan penambahan trafik 0 kbps, 1 Mbps, 5Mbps, 10 Mbps, 20 Mbps.
5. Mengambil data dari masing- masing pengujian untuk menentukan parameter dari kualitas layanan, yaitu : throughput, jitter, delay, dan packet loss.

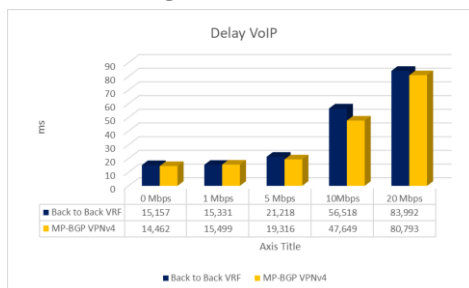
4.1 Performansi QoS

Pada bagian ini ditunjukkan hasil pengukuran dan analisis system yang telah dilakukan diantaranya adalah parameter *delay*, *jitter*, dan *throughput* untuk layanan VoIP dan video call pada jaringan Inter AS MPLS-VPN Back to Back VRF dan MP-BGP. Parameter yang diuji meliputi one way *delay*, *jitter*, dan *throughput*.

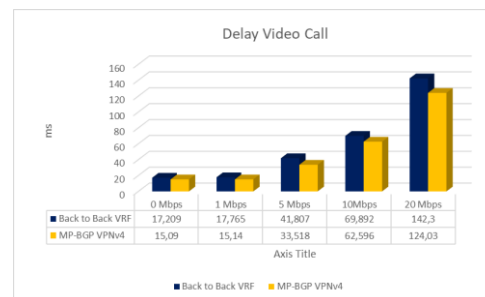
4.1.1 Tujuan Pengukuran

Pengukuran ini bertujuan mengetahui nilai *one way delay*, *jitter*, dan *throughput* dari layanan VoIP dan video call pada jaringan Inter AS MPLS-VPN Back to Back VRF dan MP-BGP. Sistematis pengukuran dari layanan yang menggunakan variasi *background traffic* diantaranya 0 Mbps, 1Mbps, 5 Mbps, 10 Mbps, dan 80 Mbps. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas layanan ketika terjadi penyempitan pada *bandwidth* saluran transmisi dari jaringan yang diimplementasikan.

4.1.2 Hasil Pengukuran

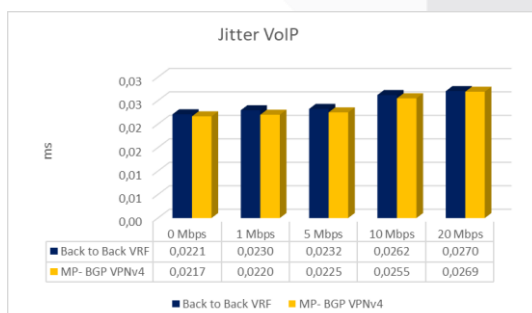


Gambar 3. 1 Grafik Perbandingan Delay VoIP

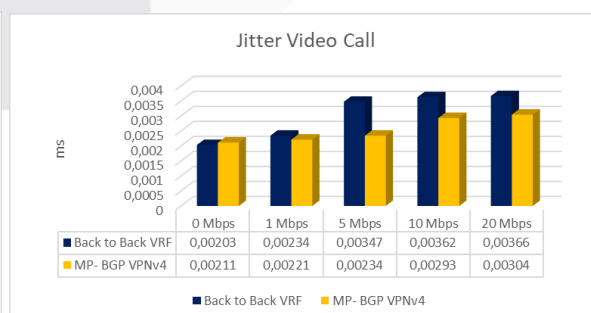


Gambar 3. 2 Grafik Perbandingan Delay Video Call

Hasil pengukuran ini menunjukkan bahwa besar nilai delay berbanding lurus dengan besarnya *background traffic* yang digunakan. Hal ini dikarenakan dengan semakin besarnya nilai *background traffic*, maka menyebabkan terjadinya penyempitan *bandwidth* dari saluran transmisi yang digunakan untuk melakukan komunikasi. Penyempitan *bandwidth* tersebut menyebabkan *traffic* pengiriman data akan semakin padat sehingga waktu yang dibutuhkan paket untuk sampai dari pengirim ke penerima akan memakan waktu yang lebih lama. Selain itu Metode Back to Back VRF cenderung memiliki nilai delay yang lebih besar dibandingkan dengan metode MP-BGP VPNv4 dikarenakan metode MP-BGP VPNv4 menggunakan MPLS pada ASBR -nya.



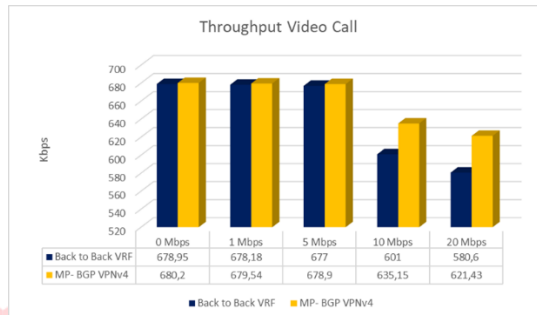
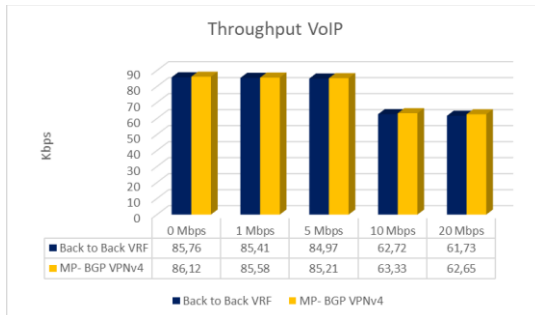
Gambar 3. 3 Grafik Perbandingan Jitter VoIP



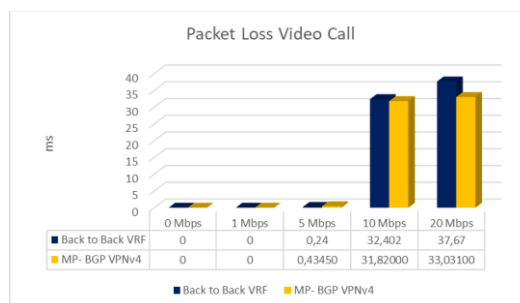
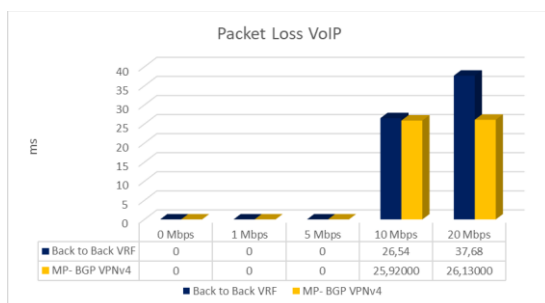
Gambar 3. 4 Grafik Perbandingan Jitter Video Call

Dari data yang didapatkan pada penelitian ini dapat dianalisa bahwa nilai jitter pada layanan menggunakan metode MP-BGP VPNv4 cenderung memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan metode Back to Back VRF. Namun perbedaan tersebut tidak terlalu signifikan hanya berkisar 3,9% - 14,6 %. Dari hasil pengukuran

juga didapatkan bahwa semakin besar nilai background traffic maka semakin besar pula nilai jitter-nya. Hal tersebut dikarenakan semakin besar nilai background traffic pada saluran transmisi, maka jaringan semakin tidak stabil dalam pengiriman paket. Selain itu terjadi perbedaan hasil jitter antara 2 layanan yang digunakan pada tugas akhir ini, nilai jitter video call cenderung lebih kecil dibanding nilai jitter VoIP. Dari hasil keseluruhan perhitungan jitter dengan variasi background traffic yang berbeda, diperoleh data bahwa nilai jitter layanan VoIP dan video call pada kedua metode memenuhi standar ITU-T G.1010 yang ditetapkan yaitu tidak lebih dari 1 ms.

Gambar 3. 5 Grafik Perbandingan *Throughput* VoIPGambar 3. 6 Grafik Perbandingan *Throughput* Video Call

Dari data yang didapatkan pada penelitian ini dapat dianalisa bahwa nilai throughput pada layanan menggunakan metode MP-BGP VPNv4 cenderung memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan metode Back to Back VRF. Hasil pengukuran juga menunjukkan bahwa besar nilai throughput video call dan VoIP berbanding terbalik dengan besarnya background traffic yang digunakan. Hal ini terjadi karena penyempitan bandwidth akibat background traffic yang menyebabkan traffic semakin padat. Kenaikan background traffic menyebabkan kecepatan pengiriman paket dari pengirim ke penerima pun menurun. Serta terjadi perbedaan hasil throughput antara 2 layanan yang digunakan pada tugas akhir ini, dikarenakan adanya perbedaan penggunaan codec antara video call dan VoIP.

Gambar 3. 7 Grafik Perbandingan *Packet Loss* VoIPGambar 3. 8 Grafik Perbandingan *Packet Loss* Video Call

Pada dasarnya packet loss sangat dipengaruhi oleh keadaan link serta banyaknya paket yang harus dilewatkan pada jaringan. Pada pengujian dengan background traffic 0 Mbps dan 1 Mbps kedua layanan dari kedua metode memiliki nilai packet loss sebesar 0%. Pada pengujian dengan background traffic 5 Mbps diperoleh nilai packet loss pada layanan VoIP sebesar 0%. Sedangkan pada layanan video call diperoleh nilai packet loss sebesar 0,24% (Back to Back VRF) dan 0,43% (MP-BGP VPNv4). Pada pengujian dengan background traffic 10 Mbps diperoleh nilai packet loss pada layanan VoIP sebesar 26,54% (Back to Back VRF) dan 25,92% (Back to Back VRF). Sedangkan pada layanan video call diperoleh nilai packet loss sebesar 32,4% (Back to Back VRF) dan 31,82% (MP-BGP VPNv4). Pada pengujian dengan background traffic 20 Mbps diperoleh nilai packet loss pada layanan VoIP sebesar 37,68% (Back to Back VRF) dan 26,13% (Back to Back VRF). Sedangkan pada layanan video call diperoleh nilai packet loss sebesar 37,67% (Back to Back VRF) dan 33,03% (MP-BGP VPNv4). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa paket yang dibuang pada background traffic 10 Mbps dan 20Mbps pada kedua layanan terbilang cukup besar. Hal ini disebabkan karena kedua metode tidak memiliki mekanisme untuk meminimalisir packet loss.

5. Kesimpulan

1. Implementasi jaringan Inter AS MPLS-VPN Back-to-Back VRF pada layanan IMS berhasil dilakukan.
2. Dalam penerapan di jaringan lokal didapat perbandingan nilai QoS jaringan inter-AS MPLS VPN menggunakan Back to Back VRF dengan MP-BGP VPNv4 sebagai berikut :
 - a. Nilai throughput yang dihasilkan berbanding terbalik dengan besarnya background traffic yang diberikan. Pada layanan VoIP dengan background traffic 0 s.d 20 Mbps didapatkan nilai throughput menurun dari 0,08576 Mbps

- s.d 0,06265 Mbps. Pada layanan Video Call dengan background traffic 0 s.d 20 Mbps didapatkan nilai throughput menurun dari 0,6802 Mbps s.d 0,5806 Mbps. Dan metode MP-BGP menghasilkan nilai troughput yang lebih besar dibandingkan dengan metode Back-to-Back VRF.
- b. Nilai delay berbanding lurus dengan besarnya background traffic yang diberikan, dimana metode MP-BGP menghasilkan rata-rata nilai delay yang lebih kecil 10,44% dibandingkan dengan metode Back-to-Back VRF pada kedua layanan.
 - c. Nilai jitter berbanding lurus dengan besarnya background traffic yang diberikan. Pada layanan VoIP didapatkan nilai jitter terkecil sebesar 0,02154 ms dan terbesar sebesar 0,02543 ms. Sedangkan pada layanan video didapatkan nilai jitter terkecil 0,00203 dan nilai jitter terbesar sebesar 0,00356 ms.
 - d. Packet Loss dari kedua layanan pada kedua metode masuk kedalam kategori layak untuk background traffic 0 , 1 , dan 5 Mbps.
5. Nilai jitter dan delay masuk kedalam kategori layak berdasarkan standar ITU.T G1010 untuk nilai jitter \ll 1ms dan $<$ 150 ms untuk nilai delay.
 6. Kedua metode tersebut dapat digunakan untuk hubungan inter autonomous system dengan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki masing-masing,
 - a). Back to Back VRF lebih mudah diterapkan, dimana paket yang di-forward antar ASBR berupa paket IP, satu interface logical per VPN dihubungkan secara directly connected dengan ASBR dengan membagi satu interface tersebut ke dalam sub interface sejumlah VPN yang digunakan.
 - b). MP-BGP VPNv4 bertukar data secara langsung dengan PE-ASBR menggunakan eBGP serta diberi label, next hop digunakan untuk pertukaran informasi ke seberang autonomous system, ASBR-ASBR harus dihubungkan secara directly connected , PE-ASBR mampu menyimpan semua rute VPN yang ingin bertukar informasi didalam tabel BGP.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widiartanto Yoga 2016, "Pengguna Internet di Indonesia Capai 132 Juta", Jakarta : Kompas Tekno , 2016.
- [2] Kuncoro Wastuwibowo, Pengantar MPLS : Ilmukomputer, 2013.
- [3] Snehal Yadav, Amutha Jeyakumar, "MPLS Multi-VRF Design and Implementation using GNS simulator ", 2nd IEEE International Conference on Engineering and Technology (ICETECH), 2016.
- [4] Rozita Yunos, Siti Arpah Ahmad, Noorhayati Mohamed Noor, Raihana Md Saidi, Zarina Zainol, *Analysis of Routing Protocols of VoIP VPN over MPLS Network*, IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC2013), 2013.
- [5] R. Munadi, Teknik Switching, Bandung: Informatika Bandung, 2011.
- [6] "OpenSourceIMScore," A German Engineering *Software* Company, Berlin, [Online]. Available: <http://www.openimscore.org/>.
- [7] Cisco, " Configuring Basic MPLS-VPN ", November 2007
- [8] Hari Balakhrisan , "Wide-Area Internet Routing", Massachusetts Institute of Technology Department of Electrical Engineering and Computer Science, January 2009.
- [9] RFC 2328
- [10] Cisco, " Inter-AS Hybrid for MPLS VPN over IP Tunnels ", July 2008
- [11] Tejender Singh Rawat et al., "A Review paper on MPLS VPN Architecture", www.ijetmas.com May 2015, Volume 3, Issue 5, ISSN 2349-4476
- [12] ITU-T, "Series G : Transmission System And Media, Digital System And Network Quality of service performance," End-user multimedia QoS categories, pp. 1 - 10, 2011.



