

# Performa Protokol Routing VOIP pada Jaringan MPLS VPN dengan Tunelling Open VPN

Denny Wijanarko, Bekti Maryuni Susanto

*#Jurusan Teknologi Informasi Politeknik Negeri Jember  
Jl. Mastrip Kotak Pos 164 Jember*

dennywijanarko@gmail.com

bekti@polije.ac.id

## Abstract

Multiprotocol label switching (MPLS) is a convergence of connection-oriented forwarding techniques and Internet routing protocols. This paper discusses the performance of OSPF and BGP routing protocols on MPLS VPN-based VOIP networks. The VPN used in this research is OpenVPN. MPLS VPN network is built using three LSR routers and two LER routers. The LSR router is responsible for carrying out packet forwarding while the LER router is responsible for adding or removing labels on packets leading to or leaving the MPLS domain. OpenVPN is responsible for securing VOIP communication channels by tunneling. Evaluation is done by measuring the quality of VOIP service either by using MPLS or MPLS VPN. Based on the research results can be concluded that with the application of VPN on MPLS network able to improve Quality of Service (QoS) OSPF routing protocol on VoIP network. OSPF routing protocol has increased throughput value by 3% and jitter improvement by 26%. In BGP Protocol the application of VPN can improve the jitter value. VPN implementation makes communication channels safer.

*Keywords*— VOIP, MPLS, VPN, OpenVPN.

## I. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah pengguna Internet membuat layanan seperti telepon mencapai pelanggan mereka melalui Internet atau yang sering disebut dengan Voice over Internet Protocol (VoIP). Komunikasi suara dapat dicapai melalui jaringan berbasis IP, baik itu Internet, Intranet maupun Local Area Network (LAN) [1]. Hal ini membuat Internet Service Provider (ISP) untuk meningkatkan kualitas layanan mereka.

Dengan peningkatan ini, router tradisional mengalami tantangan untuk menyediakan bandwidth tinggi yang dibutuhkan, fast routing serta dukungan kualitas layanan (QoS). Sehubungan dengan tantangan router tradisional untuk menyediakan permintaan ini khususnya untuk suara dan video, maka digunakan metode Multi Protocol Label Switching (MPLS) [2]. MPLS mampu meningkatkan kinerja router dalam memberikan layanan yang bersifat real time [3]. Multiprotocol label switching (MPLS) adalah sebuah konvergensi teknik forwarding connection-oriented dan protokol routing Internet. Inkarnasi standar MPLS yang paling menonjol memanfaatkan kemampuan peralihan sel berkinerja tinggi dari perangkat switch switch asinkron (ATM), dan menyatukannya menjadi jaringan yang menggunakan protokol routing IP yang ada [4]. Seiring kemajuan standarisasi, MPLS berbasis paket juga muncul untuk menyederhanakan mekanisme pemrosesan paket di dalam router inti, menggantikan klasifikasi header penuh

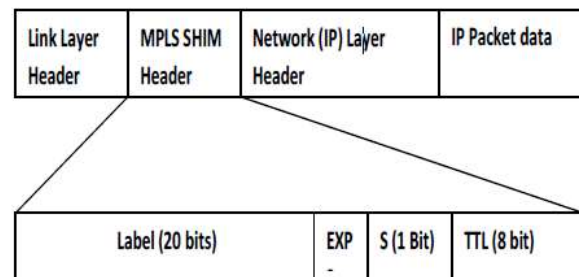
atau sebagian dan pencarian terpanjang prefiks dengan pencarian indeks label sederhana.

Teknik yang umum digunakan di antara ISP besar adalah menggunakan jaringan lapisan 2 (ATM atau FR) untuk mengelola jaringan. Dalam pendekatan ini sering disebut solusi overlay, rangkaian lengkap sirkuit virtual yang menghubungkan backbone IP. Ini berfungsi untuk mencegah agregasi yang terjadi pada routing hop-by hop di backbone IP dengan routing berbasis tujuan. Dalam pendekatan ini, arus dapat dirutekan secara individual melalui topologi lapisan 2 dan traffic engineering dapat dicapai. Tapi kelemahan pendekatan ini adalah masalah skalabilitas dan bahwa satu kegagalan link dapat menyebabkan puluhan Virtual Circuits turun, memaksa protokol perutean IP untuk dikonversi kembali. Solusi untuk masalah ini bisa dilakukan koordinasi antara layer 2 network dan layer 3 IP network. Solusi ini adalah MPLS, seperangkat prosedur untuk menggabungkan kinerja, QoS dan manajemen traffic dari paradigma label-swapping Layer 2 dengan skalabilitas dan fleksibilitas fungsi routing Layer 3 [5].

MPLS mengintegrasikan performa dan manajemen traffic layer 2 dengan skalabilitas dan fleksibilitas routing pada layer 3 [6]. Oleh karena itu MPLS sering disebut protokol layer 2,5. Routing konvensional berdasarkan pertukaran informasi tentang ketersediaan jaringan, sebagai paket yang melintas melalui sebuah jaringan, router melakukan ekstraksi informasi yang relevan untuk meneruskan dari header layer 3. Informasi ini digunakan

untuk meng-index tabel routing untuk menentukan hop selanjutnya dari sebuah paket. Proses ini berulang pada tiap-tiap router di dalam jaringan. Pada masing-masing hop tiap jaringan forwarding paket yang optimal harus dilakukan. Forwarding paket IP normal memiliki beberapa keterbatasan, seperti ketidakmampuan untuk bekerja dengan informasi pengalamatan diluar dari alamat tujuan yang dibawa oleh paket serta ketidakmampuan untuk melakukan manajemen traffic. Konsep utama MPLS adalah menambahkan label setiap paket. Berdasarkan label paket ini, forwarding paket melalui jaringan dilakukan. Label meringkas informasi penting untuk melakukan routing paket melalui jaringan. Oleh karena itu MPLS adalah sebuah teknologi yang mempercepat dan mengarahkan arus traffic jaringan dan membuatnya mudah untuk dikelola.

VOIP menggunakan routing konvensional memiliki kualitas panggilan yang rendah sehubungan adanya delay dan paket loss. Untuk mengirimkan lalu lintas real time melalui jaringan data menjadi tantangan besar bagi peneliti. MPLS adalah solusi terbaik untuk meningkatkan kualitas layanan VOIP. MPLS adalah solusi terbaik untuk meningkatkan kualitas layanan VOIP. MPLS memiliki beberapa alasan untuk menjadi protokol masa depan [5]. Pertama, MPLS benar-benar memiliki arsitektur yang multiprotokol. Dimana MPLS memanfaatkan mekanisme switching menggunakan label yang sederhana yang sangat fleksibel pada aplikasi yang telah ada, misal MPLS pada ATM dan frame relay. Kedua, melalui pemanfaatan classification, queue and scheduling (CQS) traffic engineering, MPLS mampu melakukan pengendalian fitur-fitur kualitas layanan. Ketiga, MPLS menyediakan solusi skalabilitas dan memungkinkan fleksibilitas yang signifikan di dalam routing. Keempat, arsitektur connection oriented dan fitur kualitas layanan yang dapat dipercaya dengan mudah memungkinkan fitur layanan end user dengan kualitas tinggi. LER, bertanggung jawab menambah atau menghapus label paket yang menuju atau keluar dari router LER tersebut. LER digunakan sebagai antar muka antara layer 2 jaringan dengan jaringan inti MPLS[7]. LER mempunyai kemampuan untuk melengkapi routing paket layer 3. Paket yang memasuki domain MPLS melalui sebuah LER yang disebut router ingress dan meninggalkan domain MPLS melalui sebuah LER yang disebut router egress. Ingress router berfungsi untuk menambahkan label pada paket yang menuju domain MPLS sedangkan egress router berfungsi untuk menghapus label dari paket yang meninggalkan domain MPLS[8]. Shim, sebuah ruang di dalam paket antara header layer 2 dan 3 yang dibuat di dalam framework MPLS. Label disandikan pada shim ditunjukkan Gambar 1[9].



Gambar 1. MPLS Shim Header[9]

Paper ini membahas tentang performa protokol routing OSPF dan BGP pada jaringan VOIP berbasis MPLS VPN. Protokol routing yang diterapkan pada penelitian ini, yaitu *Open Shortest Path First* (OSPF) dan *Border Gateway Protocol* (BGP). VPN yang digunakan adalah OpenVPN. Evaluasi dilakukan dengan mengukur kualitas layanan baik menggunakan MPLS maupun MPLS VPN. Pengukuran dilakukan terhadap throughput, delay, packet loss dan jitter.

## II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

### A. Tujuan Penelitian

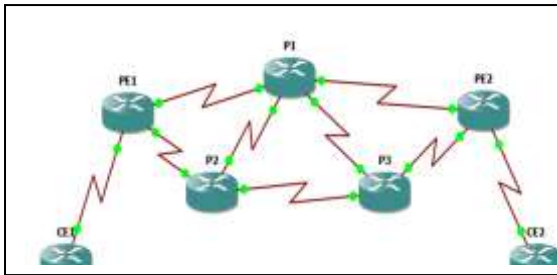
1. Untuk mengetahui topologi jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS) berbasis Virtual Private Network (VPN).
2. Untuk mengetahui kualitas layanan (Quality of Service) VOIP pada jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS) berbasis Virtual Private Network (VPN).
3. Untuk mengetahui keamanan data pada jaringan Multi Protocol Label Switching (MPLS) berbasis Virtual Private Network (VPN).

### B. Manfaat Penelitian

1. Meningkatkan kualitas layanan pada jaringan VOIP.
2. Meningkatkan keamanan data pada jaringan VOIP.
3. Biaya telekomunikasi menjadi lebih murah.
4. Sebagai bahan referensi tentang VOIP.

## III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengimplementasikan protokol routing OSPF pada jaringan VOIP berbasis MPLS VPN. Protokol routing yang digunakan pada penelitian ini adalah *open shortest path first* (OSPF). Jaringan MPLS VPN dibangun dengan menggunakan tiga buah router LSR dan dua buah router LER. Router LSR bertanggungjawab dalam melakukan packet forwarding sedangkan router LER bertanggungjawab dalam menambah atau menghapus label pada packet yang menuju atau meninggalkan domain MPLS. OpenVPN bertanggungjawab dalam mengamankan saluran komunikasi VOIP dengan melakukan tunneling.



Gambar 2. Desain topologi jaringan VOIP berbasis MPLS VPN

Pada Gambar. 2 terdapat lima buah router yang berfungsi untuk melakukan forwarding MPLS routing dan melakukan switching traffic di dalam jaringan di bawah domain administratif tunggal. Pada MPLS terdapat dua peran utama yaitu *Label Switch Router (LSR)* dan *Label Edge Router (LER)* [6]. LSR bertanggung jawab untuk melakukan forwarding paket sesuai label switching dan router ini terletak di inti dari jaringan MPLS. Pada penelitian ini menggunakan tiga buah LSR yaitu Router P1, P2, dan P3. LSR mempunyai kemampuan untuk melakukan routing paket layer 3. Sedangkan LER bertanggung jawab menambah atau menghapus label paket yang menuju atau keluar dari router LER tersebut[10]. LER mempunyai kemampuan untuk melengkapi routing paket layer 3. Pada penelitian digunakan dua buah LER yaitu Router PE1 dan Router PE2. Sedangkan router CE1 dan Router CE2 adalah router yang berhubungan langsung dengan user. User pada topologi ini terdapat dua user yang menjalankan aplikasi telepon berbasis Internet dan OpenVPN Client. VOIP server terhubung dengan salah satu router LSR dan menjalankan layanan OpenVPN Server.

Evaluasi penerapan protokol routing OSPF dan BGP pada jaringan VoIP berbasis MPLS VPN dilakukan dengan mengukur Quality of Service yang terdiri dari throughput, delay, packet loss dan jitter. Pengukuran dilakukan dengan mengamati paket RTP menggunakan software wireshark. Dari hasil pengukuran selanjutnya hasil QoS dibandingkan baik saat menggunakan jaringan MPLS VPN maupun tanpa menggunakan jaringan MPLS VPN.

#### IV. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

##### A. Hasil Penelitian

Eksperimen dilakukan dengan membangun jaringan VOIP berbasis MPLS VPN. Router yang digunakan berjumlah tujuh buah router yang terdiri dari 3 router LSR, 2 router LER dan 2 router CE. Router LSR bertanggung jawab dalam melakukan forwarding packet sedangkan router LER bertanggung jawab dalam menambah atau menghapus label pada packet yang memasuki atau meninggalkan domain MPLS. Masing-masing router

dikonfigurasi protokol routing OSPF, selanjutnya dilakukan percakapan melalui aplikasi IP Telephony pada komputer user. Pada saat proses percakapan terjadi diamati paket RTP untuk menghitung Quality of Service (QoS) yang meliputi, throughput, delay, paket loss dan jitter. Setelah itu pada masing-masing router dikonfigurasi MPLS dan paket RTP diamati kembali. Hasil eksperimen pada bagian pertama ditunjukkan pada TABEL 1.

TABEL 1 HASIL IMPLEMENTASI PROTOKOL OSPF

Parameter	no mpls		with mpls	
	user 1	user 2	user 1	user 2
Throughput (kbps)	76,8	86	92,32	86,51
Packet Loss (%)	0	0	0	0
Delay (s)	0,02	0,02	0,02	0,02
Jitter (ms)	18,40	20,73	9,67	11,38

Eksperimen selanjutnya dengan menerapkan OpenVPN pada jaringan VOIP MPLS. OpenVPN bertanggung jawab dalam melakukan enkripsi dan tunnelling pada jaringan VOIP MPLS. OpenVPN dipilih karena sifatnya yang open source serta mudah dalam melakukan konfigurasi. OpenVPN server berjalan pada mesin yang sama dengan VOIP Server. Sedangkan OpenVPN client berjalan pada sisi user yang terhubung langsung dengan router *Customer Edge (CE)*. Open VPN bertanggungjawab dalam mengamankan saluran komunikasi VOIP MPLS. Protokol yang digunakan pada OpenVPN adalah protokol UDP dengan port nomor 1194. Hasil eksperimen penerapan OpenVPN pada jaringan VOIP MPLS ditunjukkan pada TABEL 2.

TABEL II. PERBANDINGAN QOS MPLS DAN MPLS VPN

Parameter	mpls		mpls vpn	
	user 1	user 2	user 1	user 2
throughput (Kbps)	92,32	86,51	94,53	89,4
packet loss (%)	0	0	0	0
delay (s)	0,02 s	0,02 s	0,02 s	0,02
jitter (ms)	9,67	11,38	7,56	8

Pada eksperimen berikutnya, jaringan VOIP MPLS menggunakan protokol routing BGP. Router yang digunakan sebanyak 7 buah, yang terdiri dari 3 buah router LSR yang berfungsi untuk meneruskan paket, 2 buah router LER yang berfungsi untuk menambahkan atau menghapus label dan 2 buah router CE yang terhubung langsung dengan klien. Hasil eksperimen jaringan VOIP MPLS VPN menggunakan protokol BGP ditunjukkan pada Table 3.

TABEL III. HASIL EKSPERIMEN MENGGUNAKAN PROTOKOL BGP

Parameter	mpls		mpls vpn	
	user 1	user 2	user 1	user 2
throughput (Kbps)	77	88	64	56
packet loss (%)	0	0	0	0
delay (s)	0,02 s	0,02 s	0,02 s	0,02
jitter (ms)	19,82	16,98	7,13	13,09

**B. Pembahasan**

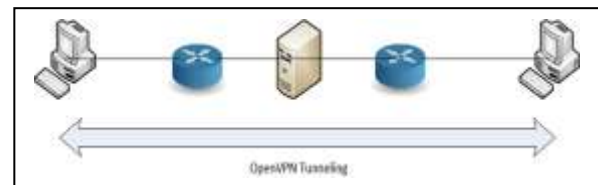
Penambahan label pada header paket mampu memperbaiki nilai throughput dan jitter pada protokol routing OSPF baik pada penerapan OpenVPN maupun tanpa penerapan OpenVPN. TABEL 1 menunjukkan bahwa penerapan MPLS pada jaringan VOIP mampu meningkatkan nilai throughput dan memperbaiki nilai jitter. Sedangkan untuk parameter packet loss dan delay cenderung sama. Hal ini dikarenakan kesederhanaan jaringan yang dibuat serta jumlah user yang kecil, 2 user. Peningkatan nilai throughput dan jitter ini dikarenakan saat packet memasuki domain MPLS, router LER atau PE akan menambahkan label pada header packet yang memudahkan router LSR atau P dalam melakukan packet forwarding. Di sisi lain, router LER atau PE akan menghapus label pada packet yang meninggalkan domain MPLS. Berdasarkan TABEL 1, penerapan MPLS pada jaringan VOIP meningkatkan nilai throughput sebesar 10% dan perbaikan nilai jitter sebesar 40%.

Selanjutnya pada jaringan VOIP MPLS diterapkan tunneling menggunakan OpenVPN. Tunneling OpenVPN ini digunakan untuk menghubungkan langsung secara virtual antara user dengan server. Berdasarkan hasil eksperimen diperoleh bahwa dengan penerapan Open VPN pada jaringan VOIP MPLS mampu meningkatkan nilai throughput dan jitter. Peningkatan nilai throughput sebesar 3% dan perbaikan jitter sebesar 26%. Sementara nilai parameter packet loss dan delay cenderung sama, hal ini dikarenakan kesederhanaan jaringan serta kecilnya jumlah user. OpenVPN membuat tunnel serta melakukan enkripsi pada packet VOIP sehingga packet data tidak dapat disadap oleh pihak ketiga. Meskipun OpenVPN melakukan enkripsi, dimana membutuhkan proses yang lebih lama ternyata nilai throughput tidak lebih kecil bahkan lebih besar dibandingkan tanpa melakukan enkripsi. Hal ini dikarenakan selain melakukan enkripsi, OpenVPN juga membuat tunnel yang menghubungkan secara langsung antara user dengan server secara virtual. Selain itu OpenVPN menggunakan protokol UDP yang bersifat

connectionless sehingga pengiriman data yang dilakukan bisa lebih cepat meskipun tidak ada pemeriksaan kesalahan pengiriman. Tunneling menggunakan UDP lebih efisien dan mampu meningkatkan waktu transfer serta kecepatan transfer dibandingkan menggunakan TCP[11].

Penerapan MPLS VPN pada jaringan VOIP menggunakan protokol BGP mempengaruhi nilai throughput dan jitter. Sedangkan delay dan packet loss cenderung sama baik saat menerapkan OpenVPN maupun tanpa menggunakan OpenVPN. Nilai throughput mengalami penurunan sebesar 27% sedangkan nilai jitter mengalami perbaikan sebesar 45%. Penurunan nilai throughput ini disebabkan karena membutuhkan bandwidth yang lebih besar saat melakukan tunneling menggunakan OpenVPN. Namun demikian, saluran komunikasi lebih aman karena paket-paket data VOIP dikirimkan melalui tunnel dan dienkripsi.

Dalam melakukan tunneling, OpenVPN membuat virtual address yang berbeda dengan IP address. Pada penelitian ini IP Address yang digunakan 192.168.0.2 pada user 1 dan 192.168.0.2 pada user 2. Sedangkan virtual address yang dibuat 10.8.0.6 pada user 1 dan 10.8.0.10 pada user 2. Virtual address digunakan untuk mengirimkan packet melalui tunnel. Model tunneling OpenVPN ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 3. Model tunneling OpenVPN

Packet-paket VOIP dikirimkan melalui tunneling sehingga lebih aman dari penyadapan. Penerapan OpenVPN dalam melakukan pengiriman packet melalui tunnel ditunjukkan pada Fig 3. Koneksi tunneling menggunakan UDP pada port 1194. Koneksi ini tidak bisa disadap karena bersifat connectionless berbeda dengan koneksi tunneling TCP yang bersifat connection oriented. Connectionless artinya dalam pengiriman packet tidak diperlukan adanya koneksi terlebih dahulu, sehingga akan menghemat waktu transfer serta mempercepat kecepatan transfer.

```

User Datagram Protocol, Src Port: 53756 (53756), Dst Port: openvpn (1194)
  Source port: 53756 (53756)
  Destination port: openvpn (1194)
  Length: 237
  Checksum: 0xbdb4 [validation disabled]
  Data (229 bytes)
  
```

Gambar 4. Tunneling OpenVPN

Berdasarkan karakteristik Tunneling OpenVPN menggunakan UDP yang bersifat connectionless maka nilai throughput dan nilai jitter menjadi lebih baik saat menerapkan OpenVPN pada jaringan VOIP MPLS.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan penerapan MPLS VPN mampu meningkatkan Quality of Service (QoS) protokol routing OSPF pada jaringan VoIP, khususnya pada parameter throughput dan jitter. Peningkatan nilai throughput sebesar 3% dan perbaikan jitter sebesar 26%. Penerapan OpenVPN pada jaringan VOIP MPLS menurunkan nilai throughput sebesar 27% namun memperbaiki nilai jitter sebesar 45%. Selanjutnya perlu dilakukan percobaan dengan mengimplementasikan traffic engineering pada jaringan VOIP MPLS VPN.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Riset dan Teknologi yang telah membiayai penelitian ini melalui skema Penelitian Produk Terapan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Yunos, S. A. Ahmad, N. M. Noor, R. M. Saidi dan Z. Zainol, "Analysis of Routing Protocol of VOIP VPN over MPLS Network," dalam *2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)*, Kuala Lumpur, 2013.
- [2] M. M. Al-Quzwini and S. A. Sharafali, "Performance Evaluation of MPLS TE Signal Protocols with Different Audio Codecs," *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* Vol. 5 No. 6, pp. 447-463, 2014.
- [3] G. Liu and X. Lin, "MPLS Performance Evaluation in Backbone Network," in *ICC 2002. IEEE International Conference on Communications, 2002.*, New York, 2002.
- [4] G. Armitage, "MPLS: The Magic Behind the Myths," *IEEE Communications Magazine*, Vols. Volume: 38., no. Issue: 1, pp. 124-131, Januari 2000.
- [5] M. K. Porwal, A. Yadav and S. Charhate, "Traffic Analysis of MPLS and Non MPLS Network including MPLS Signaling Protocols and Traffic distribution in OSPF and MPLS," in *First International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology*, Nagpur, Maharashtra, India, 2008.
- [6] A. M. Sllame, "Modeling and Simulating MPLS Networks," in *The 2014 International Symposium on Networks, Computers and Communications*, Hammamet, Tunisia, 2014.
- [7] M. Kim, D. Kim and G. E. Sobelman, "Network-on-chip quality-of-service through multiprotocol label switching," in *2006 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Island of Kos, Greece, 2006.
- [8] R. Mishra and H. Ahmad, "Comparative Analysis of Conventional IP Network and MPLS Network over VoIP Application," (*IJCSIT International Journal of Computer Science and Information Technologies*, vol. Vol 5, no. No 3, pp. 4496-4499, 2014.
- [9] J. Aggarwal and A. Dhall, "Performance Analysis of MPLS over VOIP," *International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR)* Vol. 4 (6) , pp. 1896-1901, 2015.
- [10] S. Ahmad, W. A. Hamdani and M. H. Magray, "Performance Evaluation of IPv4 and IPv6 over MPLS using OPNET," *International Journal of Computer Applications* Vol. 125 No. 3, pp. 34-38, 2015.
- [11] I. Coonjah, P. C. Catherine and K. S. Soyjaudah, "Experimental performance comparison between TCP vs UDP tunnel using L2TP/IPSec," in *2015 International Conference on Computing, Communication and Security (ICCCS)*, Pamplemousses, Mauritius, 2015.