

PERANCANGAN NGN BERBASIS OPEN IMS CORE PADA JARINGAN MPLS VPN

Dadiék Pranindito¹, Levana Rizki Daenira², Eko Fajar Cahyadi³

Program Studi Teknik Telekomunikasi, Sekolah Tinggi Telematika Telkom Purwokerto

Jl. D.I Panjaitan No. 128 Purwokerto 53147

Telp. 0281 641629, Fax. 0281 641630

E-mail: dadiék@st3telkom.ac.id

ABSTRAK

Next Generation Network (NGN) merupakan pengiriman berbagai layanan (voice, video, dan data) melalui satu jaringan berdasarkan sistem Internet Protokol (IP). Trend telekomunikasi telah berkembang ke arah IP Based Telecommunication dikarenakan kemudahan dalam implementasi dan dapat digunakan untuk berbagai jenis layanan telekomunikasi. Hal tersebut yang kemudian melatarbelakangi munculnya IP Multimedia Subsystem (IMS), sebuah teknologi yang menyediakan aplikasi based on IP yang memungkinkan pengguna untuk menggunakan layanan triple play (voice, video, dan data) dalam waktu yang bersamaan. Studi ini dilakukan untuk implementasi sebuah teknologi layanan komunikasi antar client yaitu berupa jaringan Next Generation Network (NGN) dimana dalam session control akan dirancang menggunakan Open IMS Core dan jaringan backbone menggunakan MPLS-VPN. Dengan melakukan perancangan menggunakan Open IMS Core pada jaringan MPLS VPN diharapkan dapat dilakukan pengiriman layanan yang beragam melalui jaringan private pada network layer. Dari hasil simulasi pengujian jaringan pada penelitian ini didapatkan hasil delay dan packet loss dalam kategori baik. Pada layanan voice call, video call dan data berupa text messaging menghasilkan rata-rata nilai delay secara berurutan sebesar 10.6 ms, 3.9 ms dan 206.8 ms. Nilai delay tertinggi berada pada layanan text messaging, yaitu sebesar 206.8 ms, sedangkan nilai delay terendah berada pada layanan video call yaitu sebesar 3.9 ms. Packet loss untuk ketiga layanan tersebut sebesar 0%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa jaringan NGN berbasis Open IMS Core pada jaringan MPLS VPN mampu memberikan layanan triple play dengan delay dan packet loss dalam kategori baik.

Kata Kunci: NGN, Open IMS Core, MPLS VPN, Delay, Packet Loss

1. PENDAHULUAN

Next Generation Network (NGN) merupakan pengiriman berbagai layanan (voice, video dan data) melalui satu jaringan berdasarkan sistem Internet Protokol (IP). NGN dibangun pada pengembangan teknologi yang berbasis pada IP. Trend telekomunikasi telah berkembang ke arah IP Based Telecommunication dikarenakan kemudahan dalam implementasi dan dapat digunakan untuk berbagai jenis layanan telekomunikasi. Hal tersebut yang kemudian melatarbelakangi munculnya IP Multimedia Subsystem (IMS), sebuah teknologi yang memungkinkan pengguna untuk menggunakan layanan Triple Play (voice, video dan data) dalam waktu yang bersamaan. Multi Protocol Label Switching (MPLS) bertujuan agar lalu lintas pada suatu jaringan lebih efektif dan efisien, hal tersebut dikarenakan pengiriman paket data yang lebih cepat disebabkan karena adanya pemberian label yang berisi informasi kemana paket data dikirimkan yang diletakkan pada IP address. MPLS dapat digunakan untuk Virtual Private Network (VPN) yang terdapat pada layer 3 (Network Layer). Penggunaan MPLS VPN dapat membuat koneksi user tidak perlu dihubungkan end-to-end dengan jalur tersendiri.

Pada penelitian ini dilakukan simulasi jaringan mencakup Wide Area Network (WAN) yang menghubungkan 2 wilayah berbeda, dimana wilayah tersebut termasuk dalam metropolitan area. Studi ini dilakukan untuk melihat implementasi sebuah teknologi layanan komunikasi antar client yaitu berupa jaringan NGN dimana dalam session control akan dirancang menggunakan Open IMS Core dan jaringan backbone menggunakan MPLS VPN. Dengan melakukan perancangan menggunakan Open IMS Core pada jaringan MPLS VPN diharapkan dapat melakukan pengiriman layanan yang beragam melalui jaringan private pada network layer. Sehingga diharapkan simulasi tersebut bisa memberikan gambaran mengenai NGN secara end to end.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Triple Play

Triple Play merupakan layanan yang terdiri dari voice, video dan data yang disediakan melalui suatu jaringan. Layanan Triple Play terdiri dari layanan :

a. Voice

Layanan voice dalam triple play dapat juga diartikan dengan layanan voice over ip (VOIP), yaitu

merupakan pengiriman data suara dari suatu tempat ke tempat yang lain menggunakan perantara protokol IP dan jaringan internet.^[1]

b. Video

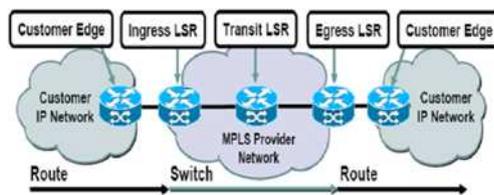
Layanan video pada *triple play* dapat juga diartikan dengan layanan video *coverence*, yaitu merupakan layanan komunikasi berupa audio dan video sebagai sarana komunikasi yang melibatkan dua atau lebih *client* dalam waktu yang bersamaan.

c. Data

Layanan data pada *triple play* dapat juga diartikan dengan layanan *text messaging*, yaitu merupakan layanan komunikasi berupa pesan teks.

2.2 Multi Protocol Label Switching (MPLS)

MPLS bertujuan agar lalu lintas pada suatu jaringan lebih efektif dan efisien, hal tersebut disebabkan karena adanya pemberian label yang berisi informasi kemana paket data dikirimkan yang diletakkan pada *IP Address*.^[5] Komponen yang terdapat pada jaringan MPLS ditunjukkan pada Gambar 1 :



Gambar 1. Komponen MPLS ^[6]

Penjelasan Gambar :

- a. *Label Switched Path (LSP)* adalah jalur yang melewati satu atau serangkaian *Label Switching Router (LSR)* yaitu dimana paket diteruskan oleh *label swapping* dari satu *MPLS node* menuju *MPLS node* yang lain.^[7]
- b. *Label Switching Router (LSR)* merupakan *MPLS node* yang bertanggungjawab untuk menerima dan meneruskan paket-paket pada jaringan MPLS.^[7]
- c. *Label Edge Router (LER)* merupakan *node MPLS* yang menghubungkan sebuah domain MPLS dengan *node* yang berada di luar domain MPLS.^[7]
- d. MPLS label merupakan label yang ditempatkan sebagai *header MPLS*.^[7]
- e. *MPLS node* adalah *node* yang menjalankan MPLS, berfungsi sebagai pengendali yang meneruskan paket berdasarkan label. Dalam hal ini, *MPLS node* adalah sebuah *router*.^[7]
- f. *MPLS Egress Node*, merupakan *node* yang mengatur *trafik* saat meninggalkan *MPLS domain*.^[7]
- g. *MPLS Ingress Node*, merupakan *node* yang mengatur *trafik* saat memasuki *MPLS domain*.^[7]

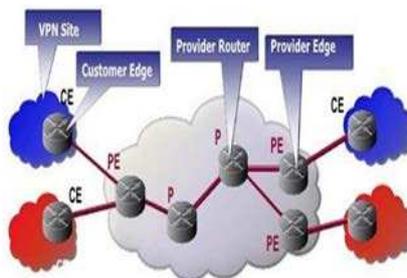
2.3 Virtual Private Network (VPN)

VPN merupakan jaringan pribadi yang dibangun menggunakan jaringan publik (*internet*). Sehingga, pengguna jarak jauh dapat saling berkomunikasi secara bebas dan aman melalui jaringan publik.^[8]

2.4 MPLS VPN

Teknologi MPLS dapat digunakan untuk VPN yang terdapat pada layer 3 (*Network Layer*). MPLS VPN dapat membuat koneksi *user* tidak perlu dihubungkan *end-to-end* dengan jalur tersendiri. Arsitektur MPLS VPN menyediakan kemampuan untuk menangani infrastruktur jaringan pribadi yang mengirimkan layanannya pada infrastruktur jaringan publik.^[9]

Komponen MPLS VPN ditunjukkan pada Gambar 2. :



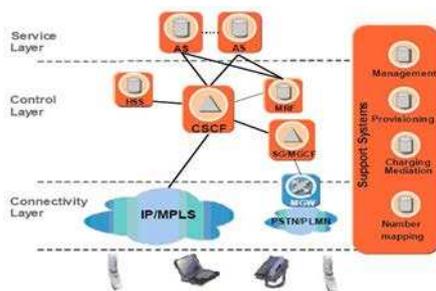
Gambar 2. Komponen MPLS VPN ^[10]

Penjelasan Gambar :

1. CE, merupakan perangkat pelanggan yang secara langsung terhubung dengan *service provider*.
2. PE, merupakan perangkat yang berada di dalam jaringan *provider* yang terhubung dengan CE dan bertanggung jawab untuk memberikan akses layanan MPLS VPN.
3. P, merupakan perangkat yang berada di dalam jaringan *provider* yang tidak terhubung langsung dengan CE dan bertanggung jawab untuk fungsi *routing* dan *forwarding*.

2.5 IP Multimedia Subsystem (IMS)

IMS merupakan standar yang bersifat menyeluruh atau global dari suatu *framework* arsitektur yang memungkinkan untuk memberikan berbagai layanan berbasis IP dengan suatu jaminan QoS untuk semua pengguna. Prinsip kerja dari IP IMS adalah menggunakan *session* dalam menangani setiap layanan permintaan pelanggan.^[12] Arsitektur IMS ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur IMS^[13]

Berdasarkan Gambar 3., arsitektur IMS terbagi menjadi tiga, yaitu :

- a. *Transport* dan *endpoint*
Transport dan *endpoint* berfungsi untuk menginisiasi dan mengakhiri pensinyalan (SIP) untuk membangun *session*.^[13]
- b. *Session Control*
Call Session Control Function (CSCF) yang terdapat pada *session control* menyediakan registrasi dari *endpoint* dan proses *routing* dari pesan pensinyalan (SIP) menuju *application server* yang dituju. CSCF terbagi menjadi beberapa bagian yaitu P-CSCF, S-CSCF, dan I-CSCF.^[13]
- c. *Application Server*
Application server menyediakan layanan *end user logic* untuk komunikasi antara layanan *telephony* dan *non telephony*.^[13]

2.6 Transport Protocol

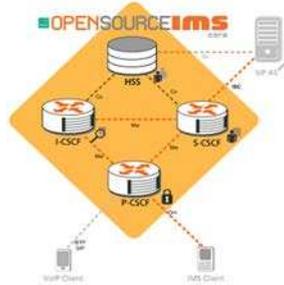
- a. *Transmission Control Protocol* (TCP)
TCP merupakan protokol yang memiliki karakteristik *connection-oriented*, yang artinya saat pengiriman data dari pengirim ke penerima akan terjadi proses *handshaking* yang bertujuan agar terjadi sinkronisasi di sisi pengirim dan penerima.^[14]
- b. *User Datagram Protocol* (UDP)^[14]
UDP merupakan protokol yang memiliki karakteristik *connectionless*, artinya saat pengiriman data tidak memerlukan koneksi antara pengirim dengan penerima dikarenakan protokol UDP mengutamakan kecepatan dalam pengiriman data.
- c. *Real-time Transport Protocol* (RTP)
RTP merupakan protokol yang digunakan saat pengiriman layanan yang bersifat *real time*, seperti *telephone*, *video conference*, dll.^[15]

2.7 Graphical Network Simulator (GNS3)

GNS3 merupakan aplikasi *simulator* jaringan komputer yang mudah digunakan. Penggunaan *operating system* yang asli dari perangkat jaringan, memungkinkan *user* dapat melakukan simulasi dan perancangan jaringan yang kompleks dan memungkinkan *user* berada pada kondisi yang nyata dalam melakukan konfigurasi router secara langsung dibandingkan menggunakan aplikasi *simulator* Cisco *Packet Tracer*.^[16]

2.8 Open IMS Core

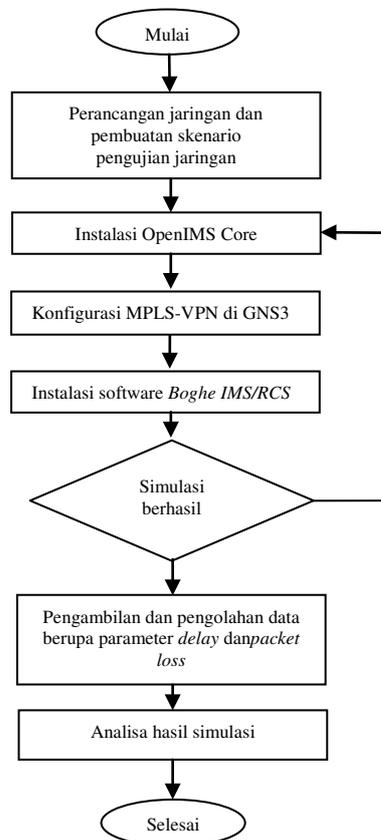
Open IMS Core merupakan paket *software* implementasi dari CSCFR dan HSS pada IMS berbasis *Open Source* yang dikembangkan oleh *Fraunhofer FOKUS* dimulai pada tahun 2006 dan semua elemen yang ada pada *Open IMS Core* tersebut membentuk sebuah arsitektur IMS/NGN. Komponen *Open IMS Core* ditunjukkan pada Gambar 4. :



Gambar 4. Komponen *Open IMS Core* ^[17]

3. METODE

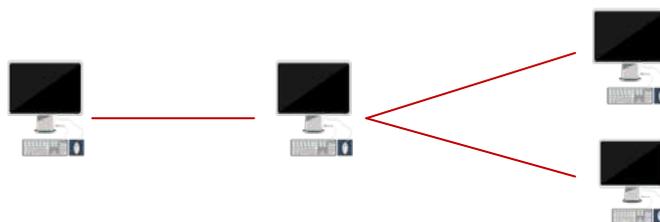
3.1 Penjelasan Metode



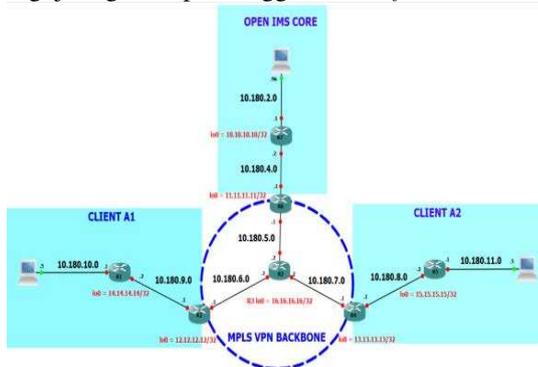
Gambar 5. Langkah - langkah penelitian

3.2 Perancangan Jaringan dan Pembuatan Skenario

Perancangan jaringan *backbone* pada penelitian ini terbagi menjadi dua tahapan, yaitu perancangan topologi jaringan tanpa menggunakan *software simulator* GNS3 1.3.9 yang ditunjukkan pada Gambar 6. dan perancangan topologi jaringan menggunakan *software simulator* GNS3 1.3.9 yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Topologi jaringan tanpa menggunakan *software simulator* GNS3 1.3.9



Gambar 7. Topologi jaringan menggunakan *software simulator* GNS3 1.3.9

Perangkat penyusun jaringan MPLS VPN ditunjukkan pada Tabel 1:

Tabel 1. Perangkat penyusun jaringan MPLS VPN

Jumlah <i>Client</i>	2 <i>Client</i>
Perangkat Jaringan MPLS-VPN	1 buah router (R3) sebagai P
	3 buah router (R2, R4, R6) sebagai PE
	3 buah router (R1, R5 dan R7) sebagai CE
	1 buah PC <i>Open IMS Core</i>
	2 buah PC <i>Client</i>
<i>Link Model</i>	<i>GigabitEthernet</i>
Jumlah Server	1 Server, yaitu <i>Open IMS Core</i>
Tipe Layanan	<i>Triple Play (Voice, Video dan Data)</i>

Adapun penjelasan mengenai masing-masing perangkat penyusun jaringan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Client*, merupakan komputer yang menggunakan layanan atau fasilitas yang disediakan oleh komputer *server*.
- Open IMS Core*, merupakan komputer yang berfungsi sebagai sebagai *session control layer* yang menjembatani *user* dengan layanan *triple play* yang disediakan *software Boghe IMS/RCS Client*.
- Customer Edge (CE)*, merupakan perangkat yang terletak di sisi *client* yang secara langsung terhubung dengan *service provider*.
- Provider Edge (PE)*, merupakan perangkat yang berada di dalam jaringan *provider* yang terhubung dengan CE dan bertanggungjawab untuk memberikan akses layanan VPN.
- Provider (P)*, merupakan perangkat yang berada di dalam jaringan *provider* yang tidak terhubung langsung dengan CE dan bertanggungjawab untuk fungsi *routing* dan *forwarding*.

Dalam penelitian ini terdapat tiga skenario pengujian jaringan yang akan ditunjukkan pada Tabel 2 :

Tabel 2. Skenario pengujian jaringan

Skenario	Komunikasi	Waktu (menit)	Layanan	Parameter
1	Client A1 dengan Client A2	5	Video call	Delay & Packet loss
		10		
		15		
		20		
2	Client A1 dengan Client A2	5	Voice	
		10		
		15		
		20		
3	Client A1 dengan Client A2	5	Data	
		10		
		15		
		20		

3.3 Pengambilan Data

Parameter yang diamati pada penelitian ini meliputi parameter *delay* dan *packet loss* yang diamati pada layanan *voice call*, *video call* dan *text messaging*. Kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik pada trafik data tertentu pada berbagai jenis teknologi disebut dengan QoS.^[2]

a. Delay (waktu tunda)

Delay (waktu tunda) merupakan durasi waktu transmit yang dibutuhkan paket dari pengirim ke penerima.^[3] Nilai *delay* dapat dinyatakan sebagai :

$$T_{out}(n) = \text{servicing time} + T_{in}(n) \dots\dots [3]$$

Dimana :

$T_{out}(n)$ = waktu data ke-n keluar antrian dan siap ditransmisi

$T_{in}(n)$ = waktu data ke-n masuk ke antrian

Tabel 3. Standar *Delay* berdasarkan ITU- T G.1010^[4]

Medium	Application	Delay
Audio	Conversational Voice	< 150 ms preferred < 400 ms limit
Video	Videophone	< 150 ms preferred < 400 ms limit

b. Packet Loss (paket hilang)

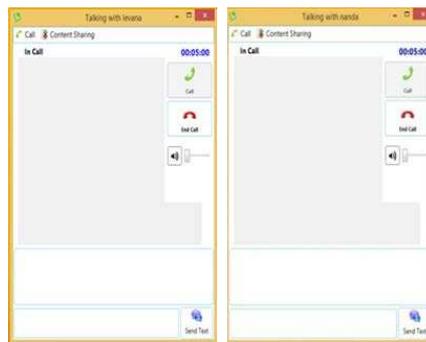
Packet Loss (paket hilang) merupakan banyaknya paket yang hilang selama proses transmisi paket ke tujuan. Kemacetan transmisi akibat padatnya *traffic* yang harus dilayani dalam batas waktu tertentu, kegagalan *link* transmisi dan kapasitas yang tidak mencukupi merupakan beberapa faktor yang mengakibatkan terjadinya *packet loss*.^[2] Nilai *packet loss* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{(\text{Jml bit dikirim} - \text{jml bit diterima})}{\text{Jml bit diterima}} \times 100 \% \dots\dots [3]$$

Tabel 4. Standar *Packet Loss* berdasarkan ITU – T G.1010^[4]

Medium	Application	PLR
Audio	Conversational Voice	< 3% Packet Loss Ratio (PLR)
Video	Videophone	< 1% Packet Loss Ratio (PLR)

Tampilan komunikasi *voice call*, *video call* dan *text messaging* secara berurutan ditampilkan pada Gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Tampilan *voice call* disisi pengirim dan penerima



Gambar 9. Tampilan *video call* disisi penerima



Gambar 10. Tampilan *text messaging* disisi penerima

4. PEMBAHASAN & HASIL

Data hasil proses simulasi pada penelitian ini didapatkan dari *software analysis tool wireshark 12.4*

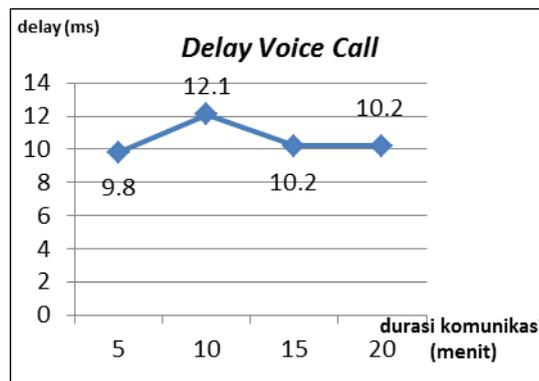
4.1 Delay

Tabel 5. Hasil *delay* disisi penerima

Layanan	Durasi (menit)	Nilai (ms)	Standarisasi	Ket.
Voice Call	5	9.8	< 150 ms (sangat baik)	Sangat Baik
	10	12.1		Sangat Baik
	15	10.2	< 400 ms (toleransi)	Sangat Baik
	20	10.2		Sangat Baik
Video	5	3.9	< 150 ms	Sangat Baik

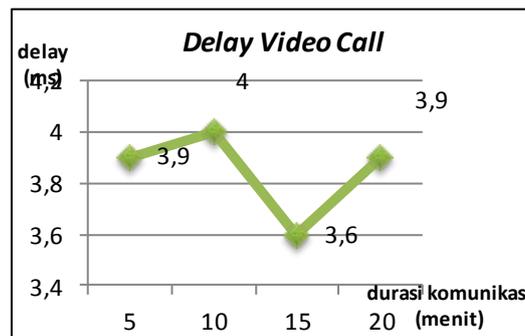
Call	10	4	(sangat baik) < 400 ms (toleransi)	Sangat Baik
	15	3.6		Sangat Baik
	20	3.9		Sangat Baik
Text Messaging	5	185.2	-	-
	10	187		
	15	231.6		
	20	223.5		

Hasil data berupa parameter *delay* yang ditampilkan dalam bentuk tabel 3. Akan diubah menjadi bentuk tampilan grafik agar terlihat secara keseluruhan statistik data serta mempermudah dalam proses analisa.



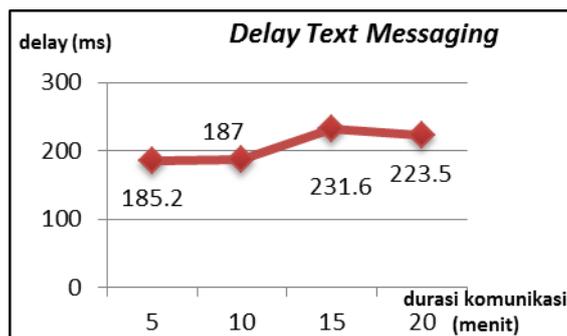
Gambar 11. Grafik *delay* pada layanan *voice call*

Berdasarkan Gambar 11. rata-rata *delay* tertinggi berada pada durasi *voice call* selama 10 menit, yaitu sebesar 12,1 ms. Standar *QoS* yang baik disisi pelanggan berdasarkan standar ITU-T G.1010 untuk parameter *delay* pada layanan *conversational voice two-way* yang baik yaitu <150 ms dengan batas toleransi sebesar 400 ms^[7]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai parameter *delay* pada layanan *voice call* termasuk dalam kategori yang baik.



Gambar 12. Grafik *delay* pada layanan *video call*

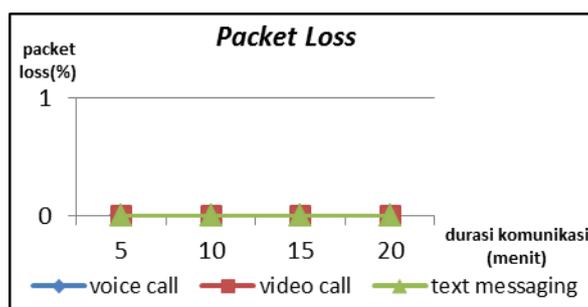
Berdasarkan Gambar 12. rata-rata *delay* tertinggi berada pada durasi *video call* selama 10 menit yaitu sebesar 4 ms. Standar *QoS* yang baik disisi pelanggan berdasarkan standar ITU-T G.1010 untuk parameter *delay* layanan *video two-way* yang baik yaitu <150 ms dengan batas toleransi sebesar 400 ms^[8]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai parameter *delay* pada layanan *video call* termasuk dalam kategori yang baik.



Gambar 13. Grafik *delay* pada layanan *text messaging*

Berdasarkan Gambar 13. rata-rata *delay* tertinggi berada pada durasi *text messaging* selama 15 menit, yaitu sebesar 231.6 ms. Layanan *text messaging* merupakan jenis layanan yang memiliki karakteristik *connection oriented* karena merupakan layanan yang menggunakan *protocol* TCP. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil *delay* layanan *text messaging* lebih besar dibandingkan dengan layanan *voice* dan *video call* dikarenakan dalam pengiriman paket data dari pengirim ke penerima memerlukan proses *handshaking* terlebih dahulu sebelum paket dikirimkan.

4.2 Packet Loss



Gambar 14. Grafik *packet loss* pada layanan *triple play*

Tabel 6. Hasil *packet loss* disisi penerima

Layanan	Packet Loss (%)			
	5 menit	10 Menit	15 Menit	20 Menit
Voice Call	0	0	0	0
Video Call	0	0	0	0
Text	0	0	0	0

Gambar 14. dan Tabel 6. menunjukkan hasil *packet loss* pada layanan *triple play* sebesar 0 %, sehingga dapat disimpulkan bahwa performansi jaringan untuk ketiga layanan tersebut dalam kategori baik. Hal tersebut dikarenakan jaringan *backbone* yang digunakan pada penelitian ini tidak rumit karena hanya mencakup dua *client* saja, sehingga *trafik* jaringan tidak terlalu besar.

5. SIMPULAN

Kesimpulan hasil analisis dan pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perancangan jaringan NGN berbasis *Open IMS Core* dapat berjalan dengan baik pada jaringan *backbone* MPLS – VPN, sehingga *client* A1 dan A2 dapat berkomunikasi satu sama lain.
2. Rata-rata nilai parameter *delay* yang dihasilkan pada penelitian ini untuk layanan *voice call*, *video call* dan *text messaging* secara berurutan adalah 10.6 ms, 3.9 ms, dan 206.8 ms. Pada penelitian ini, rata – rata nilai *delay* tertinggi pada layanan *text messaging* sebesar 206.8 ms dan rata – rata nilai *delay* terendah pada layanan *video call*, yaitu sebesar 3.9 ms.

3. Besarnya nilai *packet loss* untuk layanan *voice call*, *video call* dan *text messaging* menghasilkan 0%. Hal tersebut disebabkan karena pada penelitian ini hanya mencakup dua *client* saja sehingga *trafik jaringan* pada penelitian ini tidak terlalu besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT karena atas rahmat, hidayah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan paper ini dengan baik. Dalam melakukan penelitian ini penulis telah mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, terutama ucapan terimakasih saya sampaikan kepada mama (Hj. Umi Sukowati) dan papa (H. Hariyono) yang telah membesarkan penulis, hingga mampu memberikan kontribusi didalam publikasi ilmiah, dan tidak lupa pula di ucapkan kepada pihak kampus ST3 Telkom Purwokerto, terutama bagian LPPM yang telah mendanai publikasi paper penelitian ini, semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya dan masyarakat pada umumnya.

PUSTAKA

- [1] G. G. Yugianto and O. Rachman. (2012), "*Router Teknologi, Konsep, Konfigurasi dan Troubleshooting*". Bandung: Informatika Bandung.
- [2] U. Gunadarma, "*Network Traffic Management , Quality of Service (Qos), Congestion Control dan Frame Relay.*"
- [3] D. Pranindito, R. Munadi, and R. M. Ruman. (2014), "*Analisis Perbandingan Performansi Penjadwalan Paket Antara Homogeneous Algorithm Dengan Hybrid Algorithm Pada Jaringan Point-To-Multipoint Wimax,*" vol. 6, no. 2, pp. 63–72.
- [4] D. Systems. (2001), "*G.1010 (11/2001),*" vol. 1010.
- [5] I. Rijayana and L. Teori. (2005), "*Teknologi Multi Protocol Label Switching (MPLS),*" vol. 2005, no. Snati.
- [6] Devi Fitriani, D. R. (t.thn.). *Implementasi dan Analisis Perfomansi Jaringan Multicast VPLS Untuk Layanan Video Streaming.*
- [7] R. Munadi. (2011), *Teknik Switching.* Bandung: Informatika Bandung.
- [8] A. Rachmawati, "*Data Dengan Teknologi Informasi Multiprotocol Label Switching,*" no. 9, pp. 155–164.
- [9] J. Guichard, I. Pepelnjak, and J. Apar. (2003), *MPLS and VPN Architectures, Volume II,* vol. II.
- [10] R. . Edvia, "Layer 3 VPN." [Online]. Diakses pada : 14 Mei 2016, dari [www.Slideshare.net: http://www.slideshare.net/rosmida/layer3-vpn](http://www.slideshare.net/rosmida/layer3-vpn).
- [11] Modul 2 - *Multi Protocol Label Switching (MPLS)*, Lab. Switching dan Transmisi ST3 Telkom Purwokerto.
- [12] F. Jamil, D. T. Elektro, F. Teknik, and U. Indonesia. (2011), "*Universitas Indonesia Implementasi Enum Server Pada Jaringan Ims Dengan Menggunakan Open Ims Core Universitas Indonesia,*".
- [13] J. Si and I. T. Telkom. (2007), "*IP Multimedia Subsystem (I M S)*".
- [14] A. Dwiyanakuntoko. (2007), "*Membandingkan Protokol UDP dan TCP,*" pp. 1–6.
- [15] S. Protokol and J. Komputer, "*Protokol jaringan komputer,*" pp. 1–10.
- [16] D. Dewannanta. (2007), "*Mengenal Software Simulator Jaringan Komputer GNS3,*" pp. 1–7.
- [17] M. Pelatihan, I. D. A. N. Implementasi, D. Riset, and L. T. Switching, "*Open ims core.*"