

IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SOFT QoS (DIFFSERV) PADA JARINGAN MPLS – TE UNTUK LAYANAN TRIPLE PLAY

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF SOFT QOS (DIFFSERV) ON MPLS-TE NETWORK FOR TRIPLE PLAY SERVICES

¹ Alifiyah Pratiwi P.Wedda² Dr. Ir. Rendy Munadi, M.T.³ Ratna Mayasari, S.T., M.T.

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

¹ alifiyahpratiwi@gmail.com, ² rendy_munadi@yahoo.co.id, ³ ratnamayasari07@yahoo.com

Abstrak

Performansi dan utilitas jaringan menjadi salah satu fokus utama pada pembangunan infrastruktur jaringan *packet based*. Hal ini menjadi alasan semakin berkembangnya metode *forwarding* paket seperti MPLS. MPLS diharapkan mampu menjadi solusi untuk meningkatkan performansi jaringan dari sisi kecepatan transfer paket pada jaringan. Namun, selain kecepatan transfer data aspek keandalan dan jaminan kualitas layanan juga menjadi penting untuk menjaga kenyamanan user dalam berkomunikasi.

Beberapa metode yang biasa dilakukan untuk meningkatkan kinerja atau keandalan dari suatu jaringan seperti *Resource Reservation Protocol (RSVP)*, *Multi Protocol Label Switching (MPLS)*, dan penggunaan manajemen *routing*. *Multi-Protocol Label Switching (MPLS)* merupakan suatu metode *forwarding* data melalui suatu jaringan dengan menggunakan informasi dalam label yang dilekatkan pada paket IP. Seiring dengan perkembangannya, MPLS menawarkan fungsi *traffic-engineering* yang efisien, dengan memanfaatkan fungsi *tunnelling* berdasar LSP yang dapat membuat *forwarding* paket menjadi lebih efisien dan dilengkapi dengan fitur *fast reroute* yang dapat menjadikan jaringan lebih *reliable*. Sedangkan untuk menjamin kualitas suatu layanan biasanya digunakan metode *Differentiated Service (DiffServ)* atau *Integrated Service (IntServ)*.

Dalam penelitian ini diimplementasikan teknologi MPLS-TE dan menerapkan metode *differentiated service* pada jaringan dengan menggunakan router mikrotik sebagai MPLS Router untuk layanan *Triple Play*. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada jaringan MPLS-TE, dengan penambahan metode *diffserv* didapatkan hasil perbaikan *delay* sebesar 26% untuk layanan VoIP, 51,57% untuk layanan Video streaming, dan 11,14% untuk layanan FTP. Untuk parameter *jitter* didapatkan perbaikan sebesar 26,30% untuk layanan voip, 50,51% untuk layanann video streaming. Untuk parameter *throughput* didapatkan perbaikan sebesar 0,026% untuk layanan voip, dan sebesar 1,22% untuk layanan video streaming, serta sebesar 4,46% untuk layanan FTP.

Kata kunci : MPLS, MPLS-TE, *DiffServ*, Layanan *Triple Play*

Abstract

Performance and utility network became one of the main focus on the development of the infrastructure packet-based network. This is the reason to led the method of forwarding packages such as MPLS has. MPLS is expected to be the solution to increase the performance of packet transfer speeds on the network. However, in addition data transfer reliability aspects and quality assurance services also became important to maintain user convenience in communicating.

Some methods which can use to do to increase the performance or reliability of a network such as the *Resource Reservation Protocol (RSVP)*, *Multi Protocol Label Switching (MPLS)* and use of the *routing protocol*. *Multi-Protocol Label Switching (MPLS)* is a method of forwarding data over a network by using the information in the label attached on the IP packet. Along with its development, MPLS offers an efficient *traffic-engineering* function, using the *tunnelling* function which can make the forwarding packet more efficient and the *fast reroute* feature which can make the network more reliable. Whereas in order to guarantee the quality of a service normally used method of *Differentiated Service (DiffServ)* or *Integrated Service (IntServ)*.

In this reasearch was implemented MPLS-TE and apply methods of *differentiated service* on the network by using the mikrotik router as MPLS Routers for *Triple Play* services. The test results of adding the *diffserv* method on MPLS-TE network showed decrease 26% in *delay* for VoIP services, 51.57% for streaming Video service, and 11,14% for FTP service. For *jitter* parameters showed a decrease 26.30% for voip services, 50,51% for streaming video services. For *throughput* parameter showed a increase of 0,026% for voip services, and 1.22% for the streaming video service, as well as of 4,46% for the FTP service.

Keywords: MPLS, MPLS-TE, *DiffServ*, *Triple Play Services*

1. Pendahuluan

Keandalan jaringan merupakan salah satu isu yang sering dibicarakan untuk jaringan best effort (IP Based), oleh karena itu teknologi Multi Protocol Label Switching (MPLS) digunakan untuk meningkatkan performansi jaringan. MPLS bekerja dengan cara menambahkan header/label pada paket sebagai identifikasi yang akan digunakan pada proses switching. Namun teknologi MPLS ini tetap tidak dapat memperhatikan kondisi jaringan. Sehingga apabila terjadi kongesti di jaringan tersebut maka tidak ada mekanisme tertentu untuk mengalihkannya ke jalur lain.

Dengan menggunakan rekayasa trafik pada MPLS atau yang biasa disebut dengan MPLS-TE (Multi Protocol Label Switching - Traffic Engineer) maka sebelum dikirimkan terdapat mekanisme untuk melihat kondisi jaringan terlebih dahulu, bagaimana kondisi bandwidth-nya, apakah kondisi link tersebut penuh atau tidak, setelah itu barulah dilakukan mekanisme pemilihan rute terbaik berdasarkan kondisi jaringan.

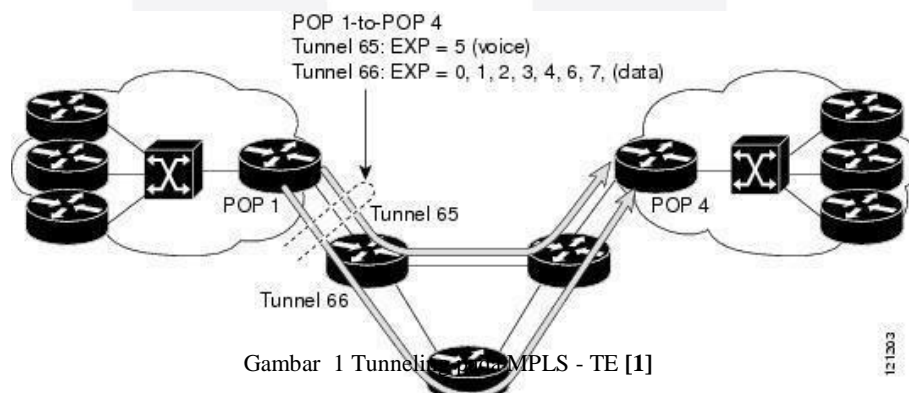
Semakin beragamnya layanan, mengakibatkan semakin banyak juga jenis paket yang akan dilewatkan di jaringan. Differentiated Service merupakan metode yang dapat digunakan untuk membedakan perlakuan terhadap paket sesuai dengan jenis layanannya. Differentiated Service dapat menjadi solusi untuk menjaga QoS tiap layanan yang bekerja dengan cara mengelompokkan aliran trafik tertentu dalam sejumlah kelas-kelas trafik agar dapat memberikan perlakuan yang berbeda sesuai dengan standar kualitas setiap layanan. Mengkombinasikan teknologi MPLS-TE dengan Diffserv pada jaringan akan dapat menjamin kualitas QoS layanan yang lebih baik.

2. Landasan Teori

2.1 MPLS-TE

MPLS – TE menyediakan utilisasi dari bandwidth jaringan yang tersedia dan juga untuk “protection service”. Teknologi ini dapat mengefisienkan seluruh path yang ada di dalam jaringan karena teknologi ini merupakan penyeimbang beban trafik pada berbagai titik dan jalur suatu jaringan. Keuntungan dari pengembangan MPLS-TE antara lain, adanya Connectivity Protection dengan menggunakan Fast ReRoute (FRR) dan Tight QoS yaitu penggunaan mekanisme QoS secara bersamaan. FRR yang digunakan MPLS-TE untuk menyediakan Connectivity Protection memproteksi primary tunnels dengan menggunakan Backup tunnels.

Backup tunnels dibutuhkan jika primary tunnel down, maka dilakukan “switch over” dari primary tunnel ke backup tunnel dengan membutuhkan waktu sekitar 50ms [2]. FRR dapat digunakan untuk memproteksi links, nodes, atau LSP paths.



Sedangkan DiffServ dapat digunakan sebagai metode yang mampu memberikan perlakuan klasifikasi trafik, manajemen trafik, dan penyediaan jaminan kualitas layanan pada proses lalu lintas trafik dalam suatu jaringan MPLS-TE. DiffServ bekerja dengan cara mengelompokkan aliran trafik tertentu dalam sejumlah kelas-kelas trafik untuk selanjutnya mampu memberikan perlakuan yang berbeda terhadap kelas-kelas tersebut. Skema QoS yang lebih luas untuk transport paket IP yang ditawarkan oleh Standar DiffServ. Standar DiffServ menentukan penggunaan alternatif Type of Service (ToS) dari IPv4 dan traffic class dari header IPv6. Setiap paket diberi label dengan Differentiated Services Codepoint (DSCP). Nilai DSCP ditetapkan dalam paket IP tertentu (IPv4), penyampaian dan penanganan paket akan dilakukan sesuai dengan salah satu dari jumlah PHBS (per-hop behaviours) yang telah ditentukan [5].

2.2 Quality of Service

QoS adalah hasil kolektif dari berbagai kriteria performansi (parameter) yang menentukan tingkat kepuasan penggunaan suatu layanan. Umumnya QoS dikaji dalam kerangka pengoptimalan kapasitas network untuk berbagai jenis layanan, tanpa terus menerus menambah dimensi network [6].

2.2.1 Packet Loss

Packet loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. Paket loss dapat terjadi ketika sebuah paket dibuang oleh jaringan karena tidak dapat diteruskan pada output interface. Ada beberapa alasan kenapa terjadi paket loss antara lain :

- a. Congestion yang disebabkan terjadinya antrian yang berlebihan dalam jaringan
- b. Node yang bekerja melebihi kapasitas buffer
- c. Memory yang terbatas pada node
- d. Policing, atau control terhadap jaringan untuk memastikan bahwa jumlah trafik yang mengalir sesuai dengan besarnya bandwidth. Jika besarnya trafik yang mengalir di dalam jaringan melebihi dari kapasitas bandwidth yang ada maka policiing control akan membuang kelebihan trafik yang ada.

Di dalam implementasi jaringan IP, nilai packetloss ini diharapkan mempunyai nilai yang minimum. Secara matematis diekspresikan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Jumlah paket yang hilang}}{\text{Jumlah Paket yang Dikirim}} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

2.2.2 Delay

Delay adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan suatu paket untuk menempuh route dari asal ke tujuan. 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.

2.2.3 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.

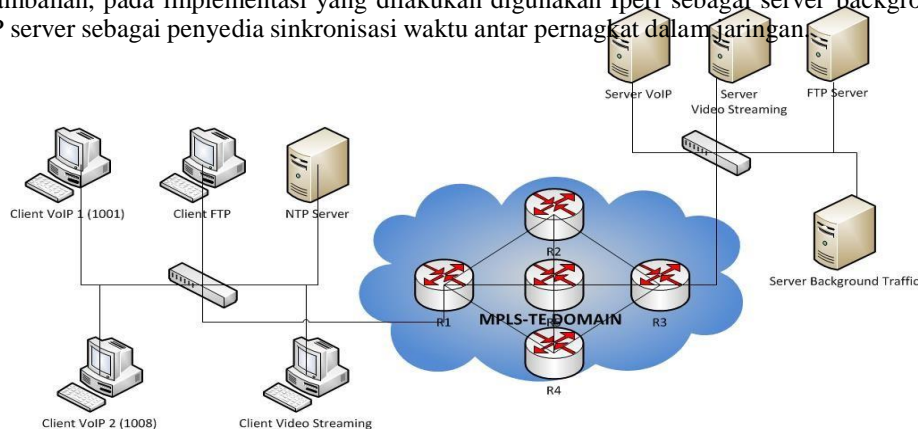
2.2.4 Jitter

Jitter merupakan variasi dari delay atau selisih antara delay pertama dengan delay selanjutnya. Jitter merupakan masalah khas dari connectionless network atau packet switched network serta slow speed links. Besarnya nilai jitter akan sangat dipengaruhi oleh variasi beban trafik dan besarnya tumbukan antar paket (congestion) yang ada dalam jaringan IP. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar pula peluang terjadinya congestion dengan demikian nilai jitter-nya akan semakin besar. Semakin besar nilai jitter akan mengakibatkan nilai QoS akan semakin turun. Untuk mendapatkan nilai QoS jaringan yang baik, nilai jitter harus dijaga seminimum mungkin

3. Perancangan dan Implementasi

Topologi jaringan yang akan dibangun untuk menguji performansi jaringan MPLS-TE dengan DiffServ menggunakan layanan Triple play. Topologi diatas dapat dibagi menjadi empat sub bagian yaitu :

- a. Server layanan Triple play, untuk menyediakan layanan Triple play digunakan Trixbox sebagai server VoIP, VLC media player sebagai server Video Streaming, dan FTP Server sebagai penyedia layanan FTP.
- b. Backbone Network, pada bagian ini jaringan backbone terdiri dari lima buah router mikrotik dengan MPLS-TE dan DiffServ yang sudah terkonfigurasi didalamnya.
- c. Client, terdiri dari empat PC yang akan digunakan sebagai client untuk tiap jenis layanan yang disediakan.
- d. Server tambahan, pada implementasi yang dilakukan digunakan Iperf sebagai server background trafik dan NTP server sebagai penyedia sinkronisasi waktu antar perangkat dalam jaringan



Gambar 2 Topologi Jaringan [7]

4. Pengujian dan Analisis Implementasi Sistem

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui performansi layanan triple play yang terdiri atas layanan Video streaming, VoIP, dan FTP pada jaringan yang menggunakan backbone dengan teknologi MPLS-TE DiffServ. Parameter QoS yang diambil adalah throughput, one way delay, jitter, packet loss, dan rtt. Untuk memperoleh data parameter QoS digunakan software network protocol analyzer yaitu wireshark-1.12.4. Wireshark digunakan untuk meng-capture paket – paket data serta protokol yang ada pada jaringan. Terdapat beberapa standarisasi yang dijadikan referensi pada pengujian yang dilakukan yaitu :

Tabel 4. 1 Tabel Referensi Standarisasi [8][9]

Parameter Performansi		VoIP	Video Streaming	FTP
One Way Delay	ITU.T G. 1010	preffered < 150 ms ; Acceptable < 400 ms	< 10 s	Preffered < 15 s ; Acceptable < 60 s Nb : Amount of Data 10 KB – 10MB
	Cisco	< 150 ms	4 - 5 s	
Jitter	ITU.T G.1010	< 1 ms	N.A	N.A
	Cisco	< 30 ms	N.A	
Packet Loss	ITU.T G. 1010	< 3 %	< 1%	0%
	Cisco	< 5%	< 5 %	
Bitrate	ITU.T G. 1010	4 - 64 kbps	16 - 384 kbps	
	Cisco			
DSCP	Class	EF	CS 4	AF11
	Decimal	46	32	10

Pengujian dilakukan dengan melewati semua layanan pada waktu yang bersamaan untuk kemudian dilakukan pengujian parameter QoS pada setiap layanan. Pengujian dilakukan dengan dua skenario yaitu :

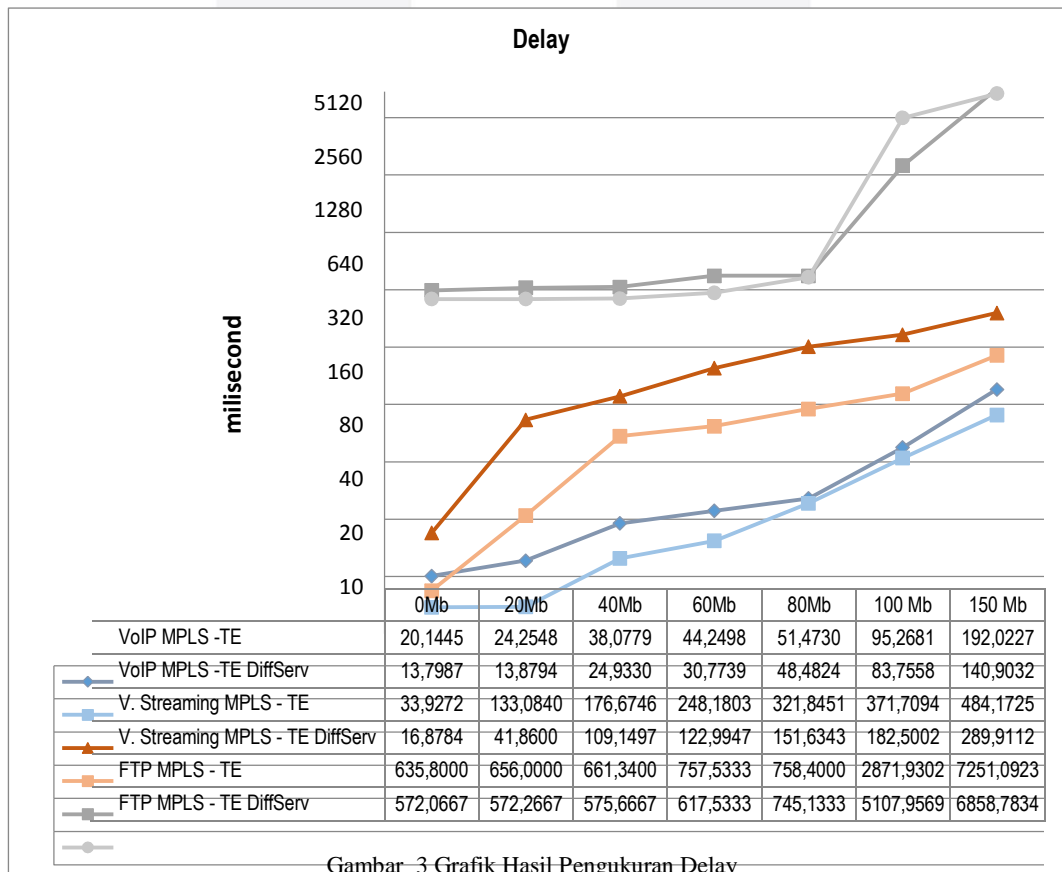
- a. Pengujian jaringan MPLS – TE tanpa DifServ
- b. Pengujian jaringan MPLS – TE dengan DiffServ

4.1. Performansi QoS

4.1.1 Delay

- a. Hasil Pengukuran dan Analisis

Setelah dilakukan pengukuran, adapun hasil delay yang diperoleh diperlihatkan pada grafik berikut :



Gambar 3 Grafik Hasil Pengukuran Delay

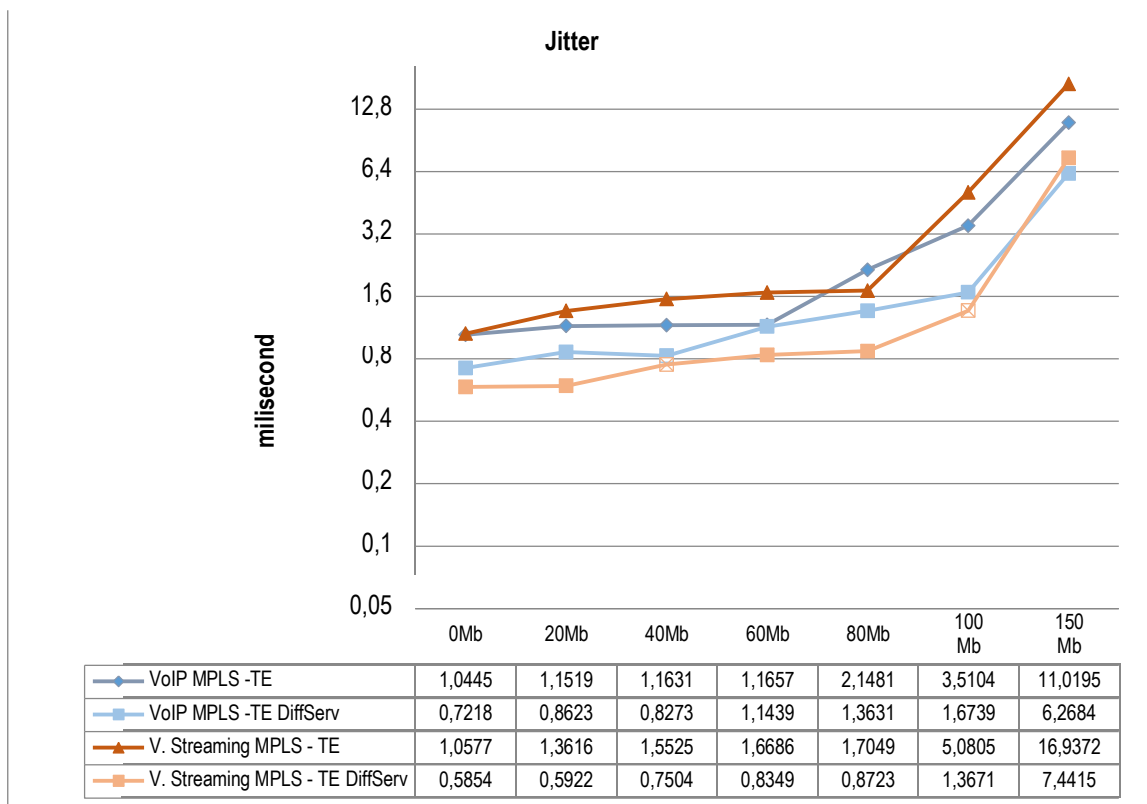
Pada Gambar 3, terlihat bahwa hasil pengukuran delay pada jaringan dengan MPLS-TE dengan DiffServ menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada nilai delay pada jaringan MPLS-TE tanpa DiffServ. Hal ini disebabkan karena teknologi DiffServ yang diterapkan pada jaringan dapat melakukan prioritas sesuai dengan kode DSCP yang digunakan untuk setiap layanan. Pada jaringan MPLS - TE, terlihat bahwa delay yang didapatkan akan semakin meningkat ketika background traffic ditambah. Perbedaan delay saat jaringan dilewati background traffic mengalami peningkatan berbanding lurus dengan besar background traffic yang dilewatkan hal ini disebabkan karena utilitas jaringan yang tinggi menyebabkan antrian tiap node menjadi bertambah dengan demikian waktu kedatangan paket pun akan lebih lama. Namun terjadi perubahan yang cukup signifikan ketika link diberi background traffic melebihi 100 Mb, hal ini disebabkan kondisi link yang telah mencapai *bottleneck* (berdasar bandwidth fast ethernet yaitu max 100 Mb/s).

Sedangkan untuk nilai delay pada jaringan MPLS-TE dengan DiffServ, terlihat bahwa nilai delay mengalami penurunan pada layanan voip, layanan video streaming, dan layanan FTP. Hal ini terjadi karena setiap layanan telah diberi prioritas masing – masing sesuai dengan kelas layanan yang mengakibatkan pengiriman paket layanan dengan prioritas paling tinggi dalam hal ini layanan voip akan mendapatkan prioritas terlebih dahulu untuk diteruskan setelah itu berurut menurut prioritas masing – masing layanan. Sedangkan pada saat ditambahkannya background trafik, mengakibatkan bertambahnya jumlah serta jenis paket yang harus diteruskan yang pada akhirnya mengakibatkan waktu paket untuk sampai di tujuan semakin lama. Dengan melihat hasil nilai one way delay pada pengukuran dan mengacu pada standarisasi yang ditetapkan ITU-T dan Cisco, maka layanan VoIP, Video streaming, dan FTP yang dilewatkan pada jaringan MPLS – TE tanpa DiffServ dan pada jaringan MPLS-TE dengan DiffServ telah memenuhi standar, serta mengalami perbaikan QoS ketika DiffServ diterapkan pada jaringan.

4.1.2 Jitter

a. Hasil Pengukuran

Setelah dilakukan pengukuran, adapun hasil jitter yang diperoleh diperlihatkan pada grafik berikut :



Gambar 4 Grafik Hasil Pengukuran Jitter

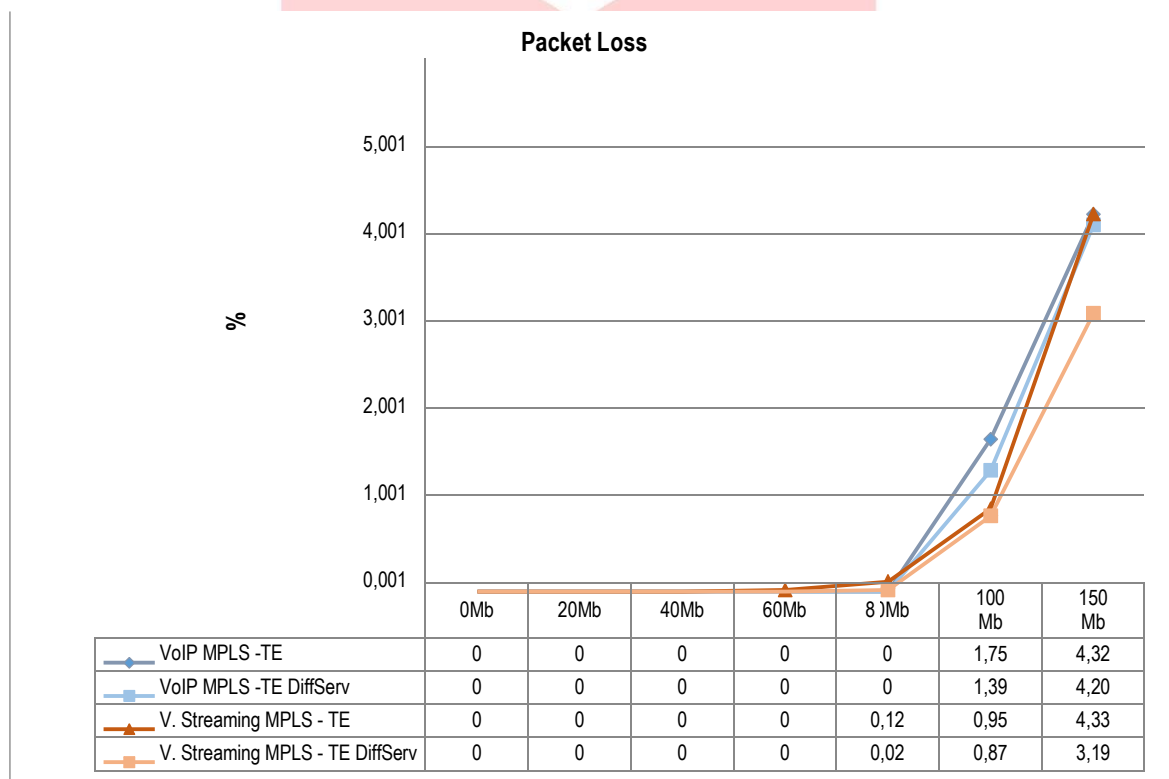
Gambar 4 merupakan hasil pengukuran jitter untuk layanan VoIP dan Video Streaming. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa nilai jitter naik seiring dengan membesarnya nilai background traffic. Terlihat pada semua skenario, nilai jitter pada jaringan MPLS-TE dengan DiffServ lebih kecil dibanding dengan nilai jitter pada jaringan MPLS-TE tanpa DiffServ dan akan mengalami perubahan seiring dengan penambahan background traffic yang dilewatkan. Disaat jaringan dalam keadaan *bottleneck* (trafik yang dilewatkan pada jaringan > 100 Mbps) maka perubahan nilai jitter pun semakin signifikan.

Variasi delay terjadi karena pengaruh beban trafik dan besarnya congestion (tumbukan) yang ada di dalam jaringan. Saat beban trafik dalam jaringan besar, maka congestion juga banyak terjadi sehingga delay akan lebih bervariasi. Namun kongesti yang terjadi dapat diatasi oleh MPLS-TE dengan cukup baik, masalah lain yang mempengaruhi bervariasinya nilai delay adalah ketika jaringan dilewati oleh beberapa jenis trafik, yang mengakibatkan tanpa adanya teknologi yang dapat melakukan perlakuan yang berbeda terhadap setiap jenis trafik variasi delay juga akan semakin bervariasi, masalah ini pun dapat ditangani oleh teknologi DiffServ yang dapat melakukan prioritas pada layanan yang berbeda-beda. Sehingga didapatkan nilai variasi delay yang lebih baik.

Berdasarkan hasil pengukuran, jitter layanan VoIP pada tiap skenario masih memenuhi standar jitter oleh Cisco yaitu kurang dari 30 ms dan untuk standar ITU-T hanya jitter dengan menggunakan teknologi DiffServ (background traffic 0-80 Mbps) yang memenuhi standar nilai jitter dibawah 1 ms. Sedangkan, untuk layanan video streaming, standarisasi untuk nilai jitter tidak ditentukan namun dengan melihat hasil jitter yang diperoleh maka layanan video streaming dengan menggunakan teknologi DiffServ dapat disimpulkan mengalami peningkatan QoS.

4.1.3 Packet Loss

a. Hasil Pengukuran dan Analisis



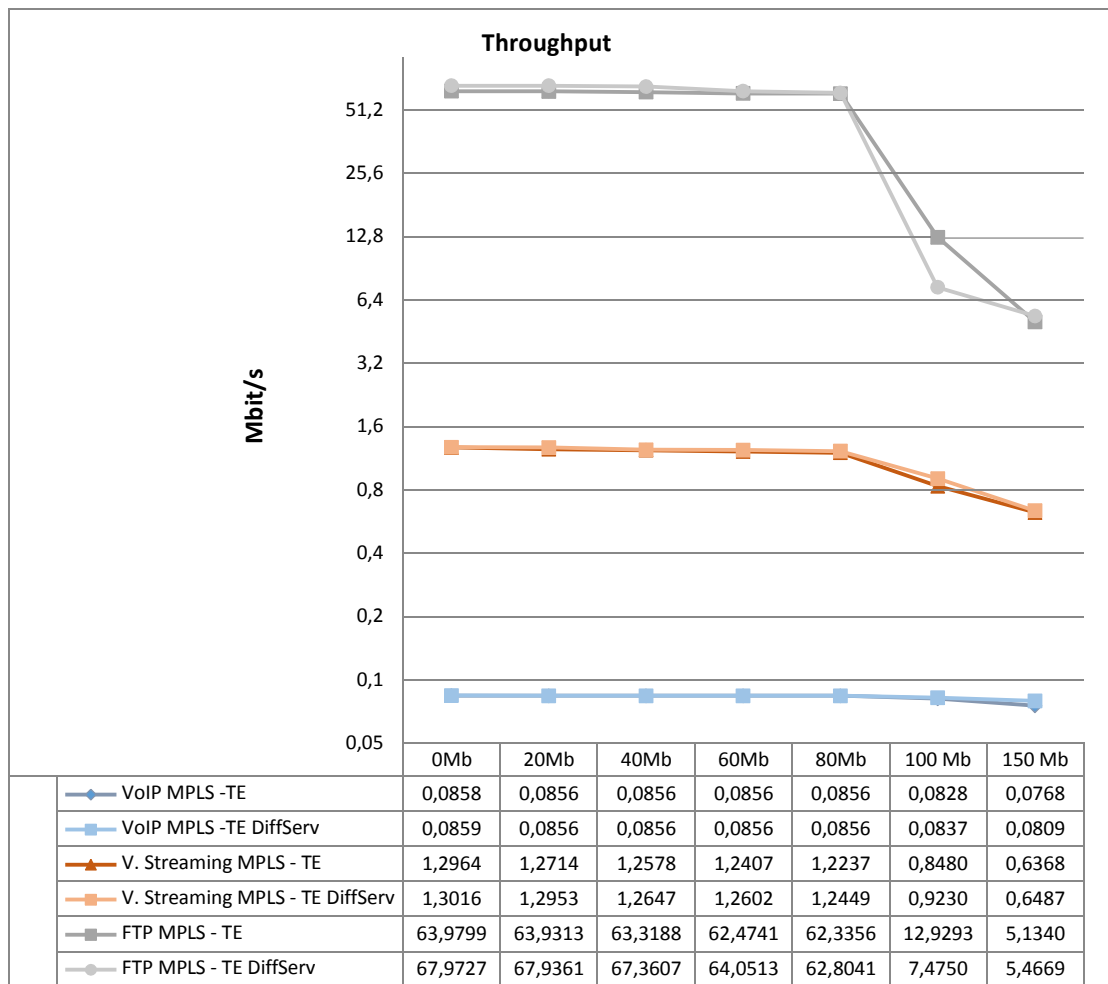
Gambar 4. 3 Grafik Hasil Pengukuran Packet loss

Melihat hasil pengukuran packet loss yang dilakukan pada layanan VoIP dan Video Streaming, nilai packet loss yang ditunjukkan mendekati 0% yang menunjukkan keandalan jaringan yang baik. Packet loss sangat dipengaruhi oleh keadaan link serta banyaknya paket yang harus dilewatkan pada jaringan yang menyebabkan kongesti pada jaringan. Oleh sebab itu, pada saat jaringan berada dalam keadaan bottleneck, maka packet loss pun akan muncul. Pada layanan video streaming, packet loss bisa terjadi pada kondisi jaringan diberi background traffic 80 Mbps karena pada layanan streaming biasa terjadi periode burst, namun secara umum nilai packet loss dapat diminimalkan.

Berdasar hasil pengukuran packet loss yang dilakukan untuk layanan VoIP dan Video Streaming QoS kedua layanan dapat disimpulkan "sangat baik" (pada background traffic 0-80 Mbps) karena nilai hasil pengukuran dibawah 3% berdasar standar ITU-T G.1010 untuk layanan VoIP dan dibawah 1% berdasar standar ITU-T G.1010 untuk layanan Video Streaming. Sedangkan pada saat bottleneck (lebih dari 100 Mbps), kedua layanan sudah tidak memenuhi standar.

4.1.4 Throughput

a. Hasil Pengukuran dan Analisis



Gambar 4. 4 Grafik hasil Pengukuran Throughput

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat dilihat bahwa throughput yang terukur pada wireshark menunjukkan nilai yang sesuai dengan perhitungan bandwidth minimal untuk tiap layanan. Nilai throughput akan semakin kecil seiring dengan meningkatnya background traffic yang diberikan dan akan turun secara signifikan pada saat background traffic yang diberikan melebihi bandwidth yang tersedia (bottleneck). Karena throughput merupakan jumlah paket yang sukses diterima dalam satuan detik, maka ketika jaringan dilewatkan paket yang semakin banyak maka jumlah paket yang sampai dalam satuan waktu juga akan berkurang sehingga nilai throughput menurun.

Dengan menggunakan metode DiffServ setiap layanan mengalami perbaikan throughput yang dikarenakan sistem prioritas yang diterapkan. Dengan mengatur prioritas trafik layanan diatas dari background trafik membuat nilai throughput tiap layanan mengalami peningkatan.

4.2 Mean Opinion Score (MOS)

Untuk menentukan kualitas layanan dalam jaringan IP (internet protocol) dapat digunakan beberapa parameter subjektif, salah satunya adalah dengan metode Mean Opinion Score (MOS). MOS merupakan parameter subjektif untuk mengukur kualitas layanan. Pendekatan matematis yang digunakan untuk menentukan kualitas layanan berdasarkan penyebab menurunnya kualitas layanan dalam jaringan dimodelkan dengan E- Model ITU-T G.107 dan ITU-T P.800. Berikut adalah tabel perbandingan nilai MOS pada layanan VoIP, Video Streaming, dan FTP.

Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan MOS

Background Trafik	Delay	d-177,3	H (x)	Id	Packet Loss	30 ln (1+15e)	lef	R faktor	MOS
VoIP MPLS - TE									
0 Mb	20,1445	-157,1555	0	0,4835	0	0	7	86,7165	4,0599
20 Mb	24,2548	-153,0452	0	0,5821	0	0	7	86,6179	4,0566
40 Mb	38,0779	-139,2221	0	0,9139	0	0	7	86,2861	4,0452
60 Mb	44,2498	-133,0502	0	1,0620	0	0	7	86,1380	4,0402
80 Mb	51,4730	-125,8270	0	1,2354	0	0	7	85,9646	4,0343
100 Mb	95,2681	-82,0319	0	2,2864	0,0175	6,9790	13,9790	77,9346	3,7554
150 Mb	192,0227	14,7227	1	5,6085	0,0432	14,9973	21,9973	66,5942	3,3462
VoIP MPLS - TE dengan DiffServ									
0 Mb	13,7987	-163,5013	0	0,3312	0	0	7	86,8688	4,0651
20 Mb	13,8794	-163,4206	0	0,3331	0	0	7	86,8669	4,0650
40 Mb	24,9330	-152,3670	0	0,5984	0	0	7	86,6016	4,0560
60 Mb	30,7739	-146,5261	0	0,7386	0	0	7	86,4614	4,0512
80 Mb	48,4824	-128,8176	0	1,1636	0	0	7	86,0364	4,0367
100 Mb	83,7558	-93,5442	0	2,0101	0,0139	5,6762	12,6762	79,5137	3,8110
150 Mb	140,9032	-36,3968	0	3,3817	0,0420	14,6638	21,6638	69,1545	3,4402
Video Streaming MPLS-TE									
0 Mb	33,9272	-143,3728	0	0,8143	0	0	7	86,3857	4,0486
20 Mb	133,0840	-44,2160	0	3,1940	0	0	7	84,0060	3,9671
40 Mb	176,6746	-0,6254	0	4,2402	0	0	7	82,9598	3,9310
60 Mb	248,1803	70,8803	1	6,9563	0,0002	0,0843	7,0843	80,1594	3,8336
80 Mb	321,8451	144,5451	1	8,7243	0,0012	0,5162	7,5162	77,9595	3,7563
100 Mb	371,7094	194,4094	1	9,9210	0,0095	3,9955	10,9955	73,2835	3,5898
150 Mb	484,1725	306,8725	1	12,6201	0,0433	15,0098	22,0098	59,5700	3,0837
Video Streaming MPLS-TE dengan DiffServ									
0 Mb	16,8784	-160,4216	0	0,4051	0	0	7	86,7949	4,0626
20 Mb	41,8600	-135,4400	0	1,0046	0	0	7	86,1954	4,0422
40 Mb	109,1497	-68,1503	0	2,6196	0	0	7	84,5804	3,9868
60 Mb	122,9947	-54,3053	0	2,9519	0	0	7	84,2481	3,9754
80 Mb	151,6343	-25,6657	0	3,6392	0,0002	0,0817	7,0817	83,4791	3,9489
100 Mb	182,5002	5,2002	1	5,3800	0,00868	3,6703	10,6703	78,1497	3,7630
150 Mb	289,9112	112,6112	1	7,9579	0,03189	11,7292	18,7292	67,5130	3,3800

5 KESIMPULAN

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

1. DiffServ dapat dikonfigurasi pada Jaringan MPLS-TE yang menggunakan router mikrotik RB 750.
2. Penggunaan teknologi DiffServ terbukti dapat membuat QoS layanan menjadi lebih baik, berdasarkan hasil pengukuran (pada saat kondisi link dengan background traffic 0 -80 Mbps) parameter delay yang memberikan perbaikan sebesar 9,26657 ms atau 26% lebih baik untuk layanan VoIP, untuk layanan Video streaming nilai delaynya mengalami penurunan 94,23880 ms atau 51,57%, dan untuk layanan FTP mengalami penurunan nilai delay sebesar 0,07728 s atau sebesar 11,14%.
3. Penggunaan teknologi DiffServ (pada saat kondisi link dengan background traffic 0 -80 Mbps) terbukti dapat membuat besar nilai variasi delay mengalami perbaikan sebesar 0,35099 atau sebesar 26,30%

untuk layanan voip, dan 0,74202 atau sebesar 50,51% untuk layanan video streaming. Hal ini menunjukkan kestabilan jaringan dalam proses pengiriman trafik.

4. Penggunaan teknologi DiffServ (pada saat kondisi link dengan background traffic 0 -80 Mbps) terbukti dapat membuat perbaikan terhadap throughput layanan. Nilai perbaikan throughput 0,000022 Mbit.s atau sebesar 0,026%, dan sebesar 0,015351 Mbit/s atau sebesar 1,22% untuk layanan video streaming, serta perbaikan sebesar 2,8170 Mbit/s atau sebesar 4,46% untuk layanan FTP.
5. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, maka ketika jaringan berada dalam keadaan bottleneck maka layanan yang dilewatkan kualitasnya akan menurun dan tidak memenuhi standar, sehingga perlu diperhatikan bandwidth yang tersedia dan trafik yang akan dilewatkan pada jaringan untuk menghindari terjadinya bottleneck.
6. Secara umum, metode DiffServ dapat menawarkan QoS yang lebih baik seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengujian parameter delay, jitter, packet loss, dan throughput yang mengalami perbaikan.
7. Nilai MOS untuk setiap layanan pada jaringan MPLS-TE dengan DiffServ menunjukkan nilai yang lebih baik daripada nilai MOS pada jaringan MPLS-TE tanpa DiffServ.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. D. Ghein, "MPLS Fundamental," CISCO Press, Indianapolis, 2006.
- [2] Z. Wang, "Internet Qos (Architecture and Mechanism Quality of Service)," Morgan Kaufmann, San Fransisco, 2001.
- [3] G. P. S. Sundeep.B.Singh, "DiffServ over MPLS : Tuning QoS Parameters for Converged Traffic using Linux Traffic Control," Mumbai .
- [4] K. Wastuwibowo, Pengantar MPLS, Ilmu Komputer.com, 2003.
- [5] A. Dutta-Roy, "The Cost of Quality in Internet-Style Network," *IEEE Press Piscataway*, vol. 37, no. 9, pp. 57-62, 2000.
- [6] ITU - T, "SERIES G: TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA,DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS Quality of service and performance," *End-user multimedia QoS categories*, pp. 1-10, 29 11 2001.
- [7] IETF, "DOD Standart Internet Protocol (RFC 760)," p. 12, January 1980.
- [8] Cisco, "www.cisco.com," CISCO, [Online]. Available: <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/voice/voice-quality/5125-delay-details.html>. [Diakses 3 November 2014].
- [9] R. Munadi, Teknik Switching, Bandung: Informatika, 2011.
- [10] ITU - T, "SERIES G : TRANSMISSION SYSTEMS AND MEDIA, DIGITAL SYSTEMS AND NETWORKS," *THE E - Model, a computational model for use in transmission planning*, pp. 1-16, 18 may 2000.
- [11] R. Erdianty, IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF VIDEO CONFERENCE QoS PERFORMANCE USING OPENIMSCORE SERVER WITH MPLS-TE BACKBONE, Bandung: Kumpulan TA/PA, Telkom University, 2014.
- [12] Cisco, "MPLS Traffic Engineering : Class-based Tunnel Selection," p. 10, 9 May 2008.
- [13] D. Czemy, MPLS Traffic Engineering--Diffserv Aware (DS-TE), West Lafayette, Indiana: Purdue University, Purdue e-Pubs, 2011.
- [14] A. H. M. A. B. M. A. C. Umer Mushtaq Mir, "DiffServ-Aware Multi Protocol Label Switching Based Quality of Service in Next Generation Network," dalam *IEEE International Advance Computing Conference (IACC)*, 2014.
- [15] ITU - T, "SERIES P : TELEPHONE TRANSMISSION QUALITY (Methods for objective and subjective assesment of quality)," *Methods for Subjective Determination of Transmission Quality*, pp. 1-28, 30 August 1996.