ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) ALGORITMA ANTRIAN CBWFQ DAN LLQ PADA JARINGAN MPLS-TE

ANALYSIS QUALITY OF SERVICE (QOS) WITH QUEUE ALGORITHM CBWFQ AND LLQ IN MPLS-TE NETWORK

[1] Dini Adlina Salman[2] 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]diniadlina.salman@gmail.com, [2]rendy_munadi@yahoo.co.id, [3]ratnamayasari07@yahoo.com

Abstrak

Kemajuan teknologi dan komunikasi yang berbasis *packet switch*, mengutamakan performansi dan utilitas jaringan *packet switch*. Jaringan *packet switch* mengembangkan metode *forwarding* paket seperti MPLS. Kualitas komunikasi yang berbasis *packet switch* sangat dipengaruhi oleh *delay*, *packet loss*, *throughput* dan parameter lainnya. Komunikasi suara dan video harus *realtime* dan *reliable*, karena hal itu dapat menunjang kenyamanan *user* dalam berkomunikasi. Metode yang biasa dilakukan untuk meningkatkan performansi dan kinerja dari suatu jaringan seperti *Multi Protocol Label Switching (*MPLS), *Resource Reservation Protocol*, dan penggunaan metoda *routing*. *Multi Protocol Label Switching (*MPLS) adalah sebuah metode forwarding data melalui suatu jaringan dengan menggunakan informansi dalam label yang diletakkan pada paket IP.Dengan metode *routing* yang diterapkan dalam MPLS, diharapkan mampu meningkatkan performansi dan meningkatkan nilai QoS pada jaringan tersebut. Dengan berkembangnya teknologi, MPLS menawarkan fungsi *traffic engineering* yang effisien.

Pada tugas akhir ini, penulis membandingkan algoritma antrian yang ada pada jaringan MPLS yaitu *Class-Based Weighted Fair Queueing* (CBWFQ) dan *Low Latency Queueing* (LLQ) untuk mendapatkan QoS terbaik. Dari hasil pengujian yang dilakukan pada jaringan MPLS-TE dengan algoritma antrian LLQ mendapatkan hasil perbaikan *delay* sebesar 91.99 % pada layanan VoIP, 53.02% pada layanan Video Streaming, dan 84.95 % untuk layanan FTP. Untuk parameter *jitter* didapatkan perbaikan sebesar 83.53 % untuk layanan VoIP dan untuk layanan Video Streaming 49.67 %. Hasil pengujian pada jaringan MPLS-TE dengan algoritma antrian CBWFQ mendapatkan perbaikan *delay* sebesar 72.64 % pada layanan VoIP, 47.22 % pada layanan Video Streaming, dan 91.44 % untuk layanan FTP. Dan untuk parameter *jitter* didapatkan perbaikan sebesar 19.59 % dan untuk layanan Video Streaming 48.11 %. Penggunaan MPLS TE dapat menghasilkan QoS yang lebih baik ketika menggunakan algoritma antrian LLQ, dapat dilihat dari *throughtput*, *delay*, *packet loss* dan *jitter*. Dengan menggunakan jaringan MPLS-TE dengan algoritma antrian mempunyai nilai lebih bagus dibandingkan dengan jaringan MPLS-TE tanpa algoritma antrian.

Kata kunci : MPLS, MPLS-TE, CBWFQ, LLQ

Abstract

Advances ini technology and communication-based packet switches, prioritizes performance and network packet switch utility. Network packet switch developed a method of forwarding packages such as MPLS. Communication quality based packet switch was strongly influenced by delay, packet loss, throughputand other parameters. Voice and video communication must be realtime and reliable, because it can support the user convenience in communicating. The usual method is done to increase the performance and the performance of a network such as Multi Protocol Label Switching (MPLS), Resource Reservation Protocol, and the use ofthe method of routing. Multi Protocol Label Switching (MPLS) is a method of forwarding data over a network by using informansi in the label placed on the IP packet. With the routing method that is applied in MPLS, are expected to improve the performance and increase the value of QoS on the network. With the development of technology, MPLS offers the function of traffic engineering that disappear.

In this final task, the author compares the existing queue algorithms on MPLS network that is Class-Based Weighted Fair Queueing (CBWFQ) and Low Latency Queueing (LLQ) to get the best quality of service. From the results of testing performed on the network MPLS-TE with LLQ queue algorithms improve delay 91.99% on VoIP service, 53.02% on the Streaming Video service, and FTP service 84.95%. For jitter parameters obtained improve 83.53% for VoIP services and service for Video Streaming 49.67 %. Test results on the MPLS-TE network with CBWFQ queuing algorithm improve delay 72.64% on VoIP services, 47.22% on service Video Streaming, and 91.44% for the FTP service. And for jitter parameter obtained an improvement of 19.59% and for Video Streaming 48.11%. The use of the MPLS-TE can produce a better. QoS when using queue algorithm LLQ, can be seen from the throughtput, delay, packet loss, and jitter. By using the network MPLS-TE has combined queue algorithm is better with MPLS-TE network without queue algorithm.

Keywords: MPLS, MPLS-TE, CBWFQ, LLQ

1. Pendahuluan

Antrian pada trafik merupakan salah satu hal yang sering diperhatikan untuk jaringan yang berbasis *packet switch (IP Based).* Dalam jaringan berbasis *packet switch* di masa depan, permasalahan QoS merupakan faktor terpenting untuk menyediakan layanan yang baik. Kualitas dari jaringan yang baik menentukan tingkat kepuasan dari pengguna (*user*), oleh karena itu teknologi *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) digunakan untuk meningkatkan performansi dari sebuah jaringan. Namun teknologi dari *Multi Protocol Label Switching* (MPLS) masih mempunyai beberapa kekurangan, seperti dalam mempertahankan kondisi jaringan dan antrian dalam sebuah jaringan.

Untuk memenuhi tingkat kepuasan dari *user* dalam jaringan *Internet Protocol (*IP), ditawarkan beberapa alternatif yang bertujuan untuk mengoptimalkan dan mengefisiensikan penggunaan sebuah jaringan. Dengan menggunakan rekayasa trafik pada MPLS atau yang disebut MPLS-TE (*Multi Protocol Label Switching – Traffic Engineer)* kemacetan dalam jaringan dan paket hilang dapat dikurangin. MPLS-TE dapat melihat kondisi jaringannya terlebih dahulu, apakah kondisi jaringan tersebut penuh atau tidak, kemudian dapat dirutekan berdasarkan kondisi jaringan yang terbaik. [1]

Dengan semakin berkembang teknologi, berbagai macam layanan semakin banyak di lewatkan dalam sebuah jaringan. Untuk mengantisipasi kemacetan aliran komunikasi data pada jaringan internet yang disebut *kongesti*, juga dikembangkan metode antrian yang mengatur kongesti sedemikian rupa sehingga diperoleh kinerja yang baik. Dengan mengkombinasikan teknologi MPLS-TE dengan beberapa metode antrian pada jaringan dapat menjadi salah satu solusi untuk menjaga QoS tiap layanan yang lebih baik.

2. Landasan Teori

2.1 Multi Protocol Label Switching (MPLS) [1]

Multi Protocol Label Switching (MPLS) adalah suatu metode *forwarding* (meneruskan data melalui suatu jaringan) dengan menggunakan informasi dalam labe yang di letakan pada paket IP. Label yang melekat pada paket IP, yang meneruskan trafik berdasarkan labelnya bukan dari alamat IP tujuan. MPLS menggabungkan teknologi *switching layer 2* dengan teknologi *routing layer 3*. Paket diteruskan oleh label *switching*, MPLS menyederhanakan *routing* paket dan mengoptimalkan pemilihan jalur yang melalui core *network.*

2.1.1 MPLS Traffic Engineering (TE) [9]

Rekayasa trafik dengan MPLS Rekayasa trafik (*traffic engineering*) adalah proses pemilihan rute data untuk menyeimbangkan beban trafik pada berbagai jalur dalam suatu jaringan. Tujuan MPLS-TE adalah memungkinkan operasional jaringan yasng andal dan efisien, sekaligus mengoptimalkan penggunaan sumberdaya dan performansi trafik.

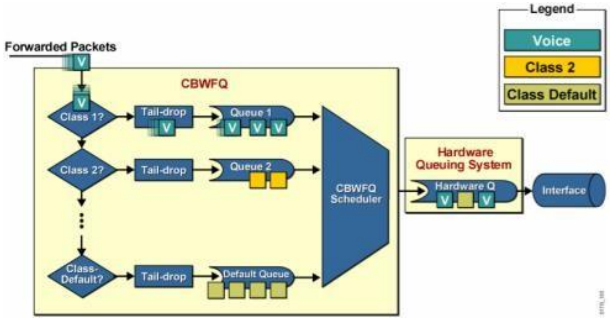
Dalam komunikasi data, TE menyediakan sebuah pendekatan yang terintegrasi. Pendekatan yang terintegrasi tersebut artinya router dikonfigurasi agar bisa mengalihkan dari *forwarding* berdasarkan alamat tujuan menjadi memindahkan beban trafik dari jaringan yang mengalami *kongesti* ke jaringan yang tidak mengalami *kongesti.* Bobot yang dihemat dari penggunaan *resource* yang lebih efisien, bisa mempengaruhi penghematan bobot dari operasi jaringan secara keseluruhan. Semakin efisien penggunaan bandwidth artinya jaringan tersebut dapat menghindari keadaan sebagian jaringan terkongesti sementara sebagian lain kondisinya *under-utilized*. [9]

2.2 Macam Antrian

2.2.1 Class-Based Weighted Fair Queueing (CBWFQ) [4]

CBWFQ (*Class Based Weighted Fair Queueing*) merupakan perluasan dari fungsional standar WFQ untuk menyediakan kelas trafik sesuai dengan keinginan *user* [4]. Ketika sebuah kelas sudah ditentukan maka *user* dapat menentukan spesifikasi untuk kelas tersebut. *User* dapat menentukan jumlah *bandwidth*, bobot, dan jumlah paket antrian maksimun yang berada pada antrian. Jumlah *bandwidth* untuk masing-masing kelas ditentukan berdasarkan bobot dari trafik itu sendiri dan jumlah *bandwidth* untuk sebuah kelas merupakan garansi *bandwidth* minimal yang dapat digunakan ketika terjadi kongesti. Maka teknik ini tepat untuk diterapkan pada jaringan yang di lalui oleh banyak jenis trafik multimedia yang menuju output yang sama [6].

Untuk CBWFQ, berat yang ditentukan untuk kelas pada WFQ menjadi berat setiap paket yang memenuhi kriteria perkelas. Paket yang sampai di *output* dikalsifikasikan menurut kirteria kelas yang sudah di filter dan ditentukan, kemudian setiap kelas bertugas sesuai dengan bobotnya. CBWFQ membagi-bagi data menjadi kelas-kelas yang inginkan (semakin tinggi kelasnya, semakin tinggi prioritasnya). Bobot paket dari setiap kelas berasal dari bandwidth yang sudah di konfigurasi. CBWFQ menggunakan bobot yang ditetapkan untuk antrian paket-paket dan memastikan bahwa antrian kelas dilayani cukup [4].



Gambar 1. ***Class Based Weighted Fair Queueing*** **[6]**

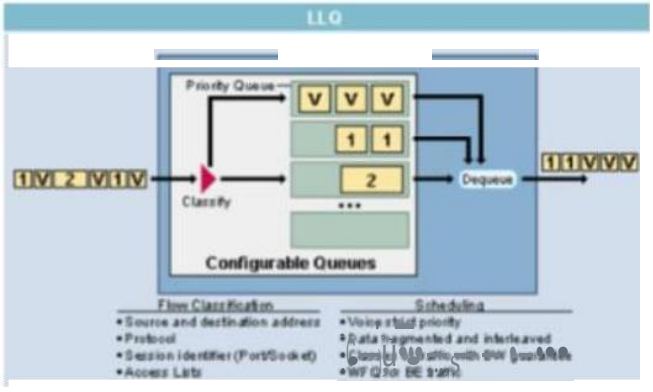
Untuk konfigurasi kebijakan jalannya antrian dan kebijakan kelas yang membuat layanan, maka digunakan perintah untuk kebijakan pertama. Kemudian gunakan satu atau lebih dari perintah untuk mengkonfigurasi kebijakan untuk sebuah standar kelas, seperti :

- Kelas
- *Bandwidth*
- *Fair-Queue* (Untuk kelas default)
- *Queue-limit or random-detect*

CBWFQ dapat ditentukan sendiri dengan jumlah *bandwidth* yang dialokasikan untuk lalu lintas kelas tersebut. CBWFQ dapat dikonfigurasi hingga 64 kelas dan control distribusi antar kelas. Dengan mengambil ke *bandwidth* yang tersedia pada *interface*nya, cara ini tidak berlaku di metode antrian WFQ. WFQ yang berbobot mengklafikasikan ke dalam percakapan dan menentukan berapa banyak *bandwidth* setiap percakapan. WFQ diklasifikasikan bergantung pada batas pada tujuh tahap IP yang didahulukan.

2.2.1 Low Latency Queueing (LLQ) [5]

LLQ dikenal juga sebagai PQCBWFQ dimana merupakan suatu kombinasi dari dua teknik yang disebut PQWFQ dan CBWFQ. Di dalam teknik ini, trafik-trafik seperti kelas suara yang mempunyai toleransi *delay* dapat diatur dengan memberikannya prioritas tegas sebagai ganti untuk *bandwidth* suara, hal ini merupakan pemberlakuan PQWFQ. Sisa dari trafik lainnya juga digolongkan dengan jaminan *bandwidth* dan CBWFQ akan diberlakukan baginya. LLQ menawarkan perlakuan paket *voice* yang sama sebagai PQWFQ tetapi menawarkan jalan banyak sekali dalam menyusun trafik. [7]



Gambar 2. ***Low-Latency Queueing*** **(LLQ) [7]**

Dalam *Low Latency Queueing* (LLQ) memiliki fitur latensi yang rendah dengan kemampuan dapat menentukan perilaku latensi rendah untuk lalu lintas kelas. Rendahnya antrian latensi memungkinkan penundaan data yang sensitive seperti suara untuk dikirim pertama. Perintah prioritas digunakan agar data yang sensitif akan penundaan di kirim pertama. Antrian *latency* yang rendah memungkinkan penggunaan satu prioritas antrian di letakkan di kelas yang sama. Dalam antrian LLQ bisa mengkonfigurasi satu atau lebih kelas prioritas. Ketika menetapkan perintah prioritas untuk lalu lintas kelas, membutuhkan *bandwidth* maksimum dalam kilobit per detik (Kbps). Parameter *Bandwidth* menjamin *bandwidth* dikonfigurasi untuk kelas prioritas dengan keadaan yang terburuk saat kongesti. Jika kelebihan bandwidth, kelas prioritas akan dizinkan untuk memanfaatkan *bandwidth* tersebut. Jika tidak ada kelebihan *bandwidth*, lalu lintas prioritas akan dibatasi sampai tingkat konfigurasi melalui paket [5].

2.3 Parameter QoS [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 komunikasi real-time, ada empat parameter QoS sebagai berikut:

2.3.1Delay

Delay adalah waktu rata-rata yang dibutuhkan suatu paket untuk menempuh route dari asal ke tujuan. Dalam penilitian tugas akhir ini *delay* yang dimaksudakan 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.

2.3.2 Jitter

Jitter merupakan variasi dari *delay* atau selisih antara *delay* pertama dengan *delay* selanjutnya. Jitter di akibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian dalam suatu pengolahan data dan *reassemble* paket-paket data di akhir pengiriman akibat kegagalan sebelumnya. Semakin besar beban trafik di dalam jaringan akan menyebabkan semakin besar 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.

2.3.3 Packet Loss

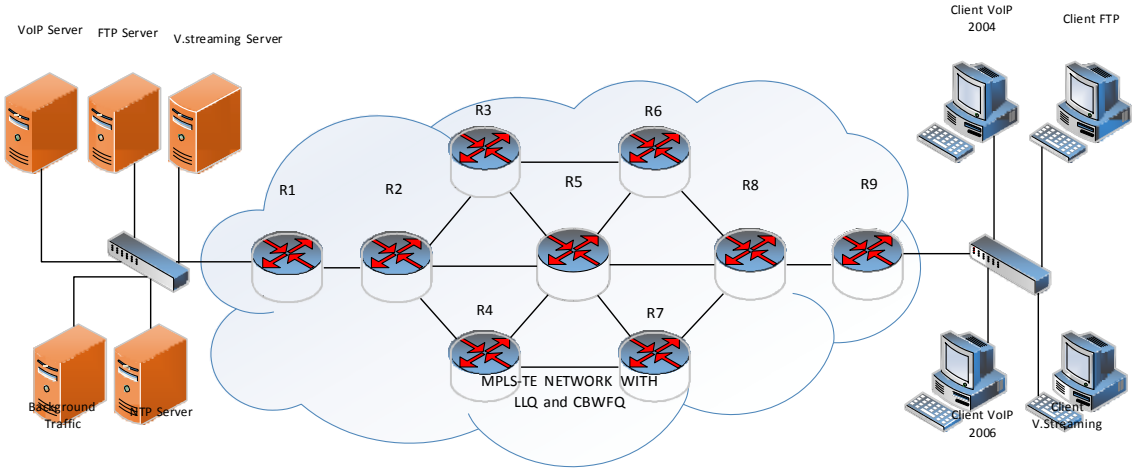
Packet Loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket IP mencapai tujuannya. *Packet Loss* dapat terjadi ketika sebuah paket dibuang oleh jaringan karena tidak dapat diteruskan pada *output interface*.

2.3.4 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.

3. Perancangan dan Implementasi

Gambar 3.1 merupakan gambar konfigurasi jaringan untuk jaringan MPLS-TE tanpa dan dengan antrian. Dalam penilitian ini terdapat 3 server layanan yang melewati sembilan router c7200 yang sudah terkonfigurasi. Dan terdapat empat PC *client*. Konfigurasi antrian diterapkan di semua router c7200.



Gambar 3. Implementasi Sistem

4. Pengujian dan Analisis Implementasi Sistem

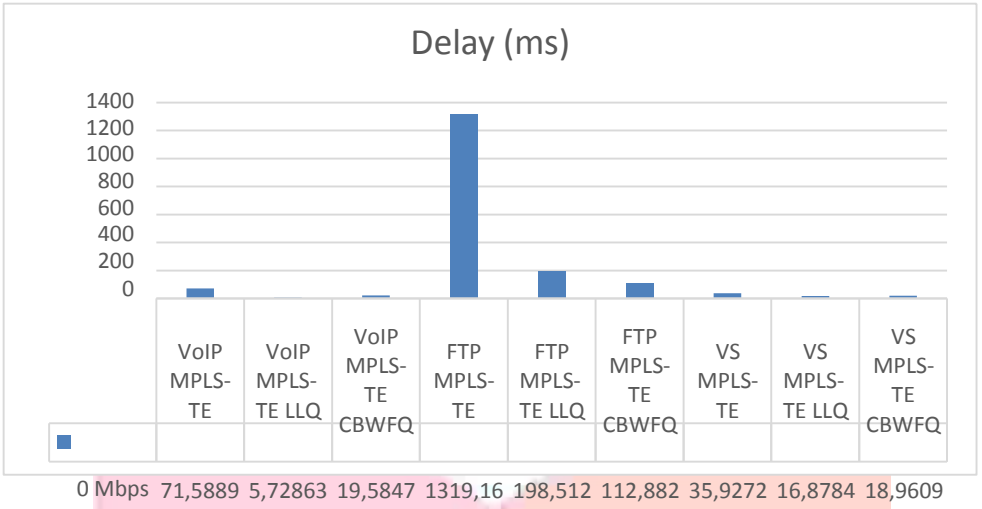
Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari pengujian sistem yang telah diimplementasikan. Pengujian dari Analisis Quality of Service (QoS) algoritma antrian CBWFQ dan LLQ pada jaringan MPLS-TE.
Pada tugas akhir ini akan dilakukan beberapa skenario yaitu :

1. Pengujian Layanan VoIP, FTP dan Video Streaming menggunakan Jaringan MPLS-TE tanpa Algoritma Antrian. Dengan pembanjiran *background traffic* sebesar 0 Mbps, 20 Mbps, 40 Mbps, 60 Mbps, dan 80 Mbps.
2. Pengujian Layanan VoIP, FTP dan Video Streaming menggunakan Jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian LLQ (*Low Latency Queueing*) dan CBWFQ (*Class-Based Weighted Fair Queueing*). Dengan pembanjiran *background traffic* sebesar 0 Mbps, 20 Mbps, 40 Mbps, 60 Mbps, dan 80 Mbps dengan skala prioritas pertama.
3. Pengujian Layanan VoIP, FTP dan Video Streaming menggunakan Jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian LLQ (*Low Latency Queueing*) dan CBWFQ (*Class-Based Weighted Fair Queueing*). Dengan pembanjiran *background traffic* sebesar 0 Mbps, 20 Mbps, 40 Mbps, 60 Mbps, dan 80 Mbps dengan skala prioritas kedua.

4.1. Performansi QoS

4.1.1 Delay

a. Hasil pengukuran dan analisis



Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran *Delay*

Pada Gambar 4, terlihat bahwa hasil pengukuran *delay* pada jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian LLQ dan CBWFQ menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada nilai *delay* pada jaringan MPLS-TE tanpa Algoritma Antrian. Hal ini disebabkan karena penggunaan Algoritma Antrian LLQ dan CBWFQ yang diterapkan pada jaringan dapat melakukan prioritas dan pengklasifikasian berdasarkan kelas-kelas yang sudah ditentukan. Pengklasifikasian kelas yang diterapkan menggunakan kode DSCP yang digunakan setiap layanan. Pada jaringan MPLS-TE, terlihat bahwa *delay* yang didapatkan akan semakin meningkat ketika *background traffic* ditambahkan.

Untuk layanan VoIP pada jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian LLQ dan CBWFQ *delay* yang di dapat lebih kecil dibandingkan dengan MPLS-TE tanpa Algoritma Antrian. Dengan penggunaan algoritma antrian LLQ nilai *delay* mengalami perbaikan sebesar 65,86023 ms atau 91,99%. Sedangkan penggunaan antrian CBWFQ mengalami perbaikan sebesar 52,00414 ms atau 72,64 %. Untuk layanan FTP penggunaan antrian LLQ memperbaiki sebesar 1120,651 ms atau 84,95 %, sedangkan penggunaan antrian CBWFQ memperbaiki sebesar 1206,281 ms atau 91,44 %. Dan untuk layanan Video Streaming penggunaan antrian LLQ memperbaiki sebesar 19.0488 ms atau 53.02 % dan penggunaan antrian CBWFQ memperbaiki sebesar 16,96635 ms atau 47,22 %.

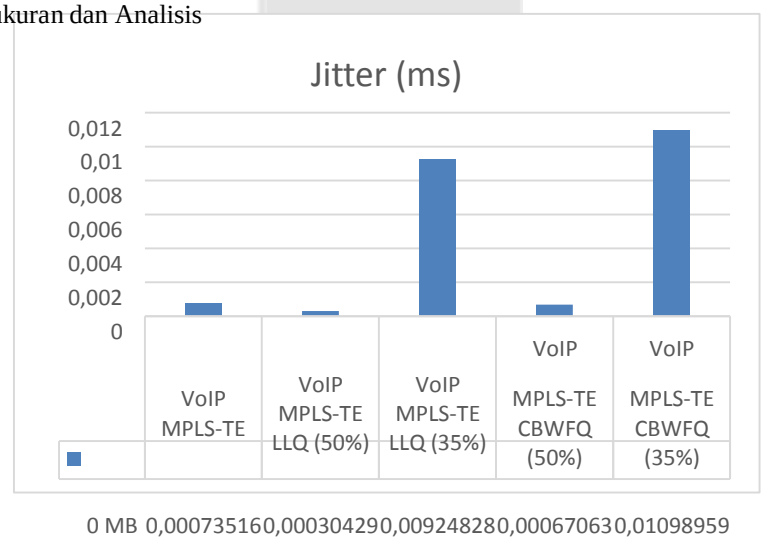
Penggunaan LLQ pada layanan VoIP dan Video Streaming menunjukkan lebih baik dari penggunaan CBWFQ. Hal ini terjadi karena layanan telah diberi prioritas masing-masing yang mengakibatkan pengiriman paket dengan prioritas yang lebih tinggi didahulukan untuk diteruskan kepenerima. Sedangkan pada layanan FTP, penggunaan antrian CBWFQ lebih menunjukkan hasil yang lebih baik dari penggunaan antrian LLQ. Hal ini disebabkam karena tidak adanya sistem prioritas pada kelas di CBWFQ.

Tabel 1. Perbadingan Delay Antrian

Queueing	Services		
	VoIP	FTP	V. Streaming
LLQ	Recommended	None Recommended	Recommended
CBWFQ	None Recommended	Recommended	None Recommended

4.1.2 Jitter

a. Hasil Pengukuran dan Analisis

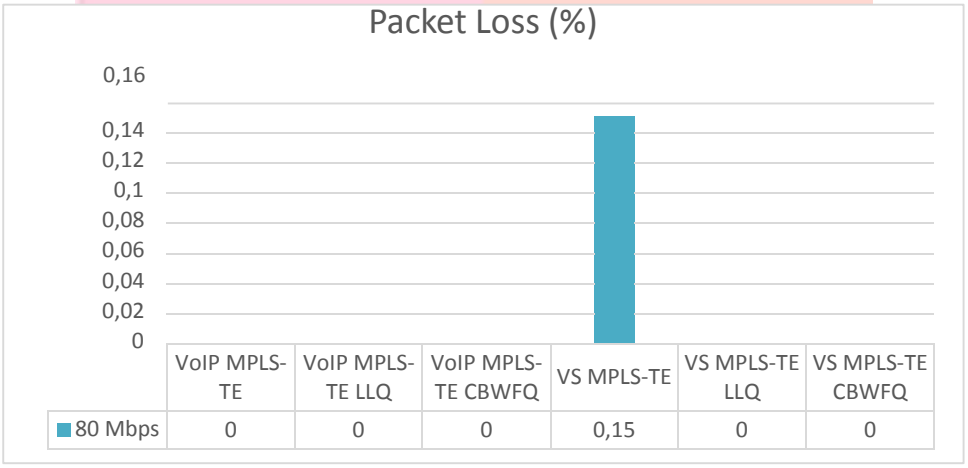


Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran *Jitter*

Dari gambar 5, dapat dilihat variasi *jitter* pada layanan VoIP pada jaringan MPLS-TE tanpa Algoritma Antrian dan jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian nilai *jitter* bertambah dengan semakin besar penambahan *background traffic* yang dilewatkan. Dengan menggunakan Algoritma Antrian nilai *jitter* yang didapat lebih kecil dibandingkan dengan tanpa menggunakan Algoritma Antrian. Dan pada layanan Video Streaming juga mengalami hal yang sama dengan layanan VoIP, hasil yang didapat pada jaringan MPLS-TE dengan menggunakan Algoritma Antrian lebih kecil dibandingkan dengan MPLS-TE tanpa menggunakan Algoritma Antrian. Untuk nilai *jitter* pada layanan VoIP menggunakan antrian LLQ mengalami perbaikan sebesar 83,53 % dan penggunaan antrain CBWFQ mengalami perbaikan sebesar 19,59 %. Untuk layanan Video Streaming yang menggunakan antrain LLQ mengalami perbaikan sebesar 49,67 % dan pada penggunaan CBWFQ mengalami perbaikan sebesar 48,11 %. Hal ini disebabkan variasi *delay* yang didapatkan pada jaringan MPLS-TE menggunakan Algoritma Antrian telah mendapatkan prioritas sesuai dengan pengklafikasian kelas-kelasnya.

Variasi *delay* terjadi karena pengaruh beban trafik dan besarnya *congestion* yang menyebabkan jaringan menjadi padat. Saat beban trafik besar maka proses pengiriman paket yang sampai pada tujuan akan mengalami waktu yang bervariasi, sehingga menimbulkan variasi *delay*. Dengan menggunakan teknologi MPLS-TE dapat mengatasi *congestion* dengan baik. Kemudian dengan penambahan algoritma antrian pada MPLS-TE dapat menghasilkan nilai yang lebih baik daripada MPLS-TE tanpa antrian.

4.1.3 *Packet Loss*

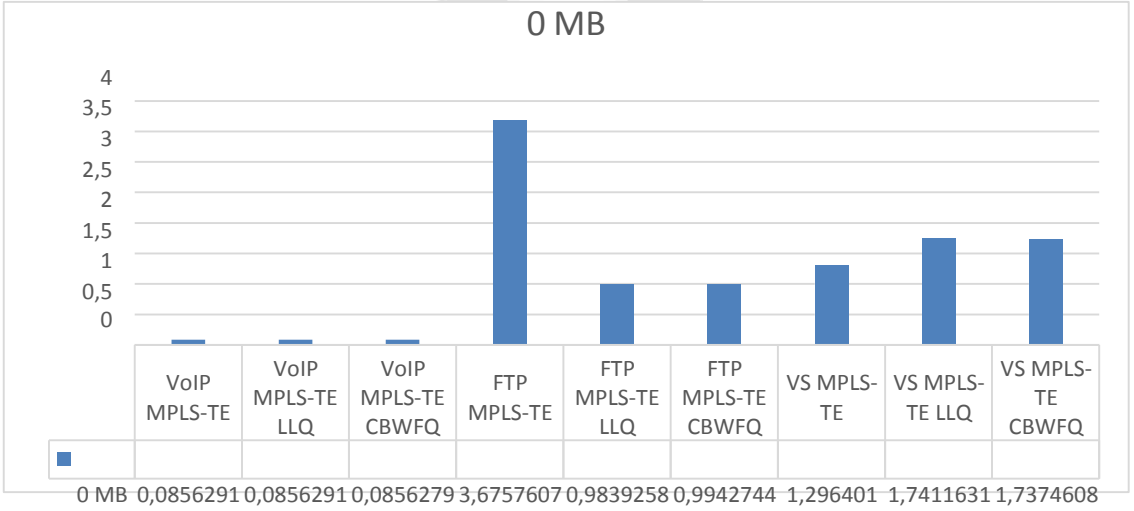


Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Pada Gambar 6, hasil pengukuran *packet loss* yang dilakukan pada layanan VoIP dan Video Streaming mendekati 0 % yang menunjukkan keandalan jaringan yang baik. Packet Loss dipengaruhi oleh keadaan *link* serta banyaknya paket yang harus dilewatkan pada jaringan yang menyebabkan kongesti pada jaringan. Pada layanan Video Streaming, packet loss terjadi pada kondisi jaringan diberi *background traffic* 80 Mbps pada jaringan MPLS-TE tanpa antrian yang biasa terjadi periode *busrt*. Berdasarkan hasil pengukuran *packet loss* yang dilakukan pada layanan VoIP dan layanan Video Streaming dapat disimpulkan "sangat baik" karena hasil pengukuran dibawah 5 % sesuai standar Cisco.

4.1.4 Throughput

a. Hasil Pengukuran dan Analisis



Gambar 7. Grafik Hasil Pengukuran *Throughput*

Pada Gambar 7, dapat dilihat bahwa *throughput* yang terukur pada wireshark menunjukkan nilai yang sesuai dengan perhitungan bandwidth minimal untuk setiap layanan. Nilai *throughput* yang didapat akan semakin kecil dengan semakin bertambahnya *background traffic*. *Throughput* merupakan jumlah paket yang sukses

diterima dalam satuan detik, maka ketika jaringan dilewatkan paket yang semakin banyak maka jumlah paket dalam satuan waktu juga akan berkurang sehingga nilai *throughput* menurun.

Pada pengukuran ini diberi 2 perlakuan yang berbeda. Perlakuan yang pertama adalah VoIP (50%), FTP (25%), dan V. Streaming (25%). Dengan di tambahkannya Algoritma Antrian dapat mengklasifikasikan kelasnya sesuai dengan prioritas yang sudah di tentukan. Pada layanan VoIP yang mempunyai skala prioritas lebih besar, mendapatkan nilai yang lebih besar pada penggunaan antrian LLQ. Sedangkan untuk CBWFQ dan tanpa antrian berada di bawah LLQ. Hal ini terjadi karena skala prioritas yang lebih mendahulukan VoIP pada penggunaan LLQ. Dan untuk layanan FTP, jaringan MPLS-TE tanpa antrian memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian. Hal ini disebabkan karena skala prioritas untuk kelas FTP yang kecil sebesar 25 %. Dan untuk Video Streaming, nilai yang di dapat pada jaringan MPLS-TE tanpa antrian lebih kecil dibandingkan dengan jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian.

4.2 Mean Opinion S*core* (MOS)

Dapat dilihat dari tabel 4.2, berdasrkan perhitungan nilai MOS yang dilakukan menunjukkan layanan VoIP dengan di tambahkan Algoritma Antrian menunjukkan kualitas "Baik". Dan layanan VoIP yang menunjukkan hasil paling bagus pada saat menggunakan Algoritma Antrian LLQ. Sedangkan untuk Video Streaming kualitas yang didapat adalah "Baik" pada jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian.

Tabel 1. Perhitungan Hasil MOS

	Delay	Id	Packet Los	Ief	R faktor	MOS
VoIP						
MPLS-TE	71.58886	1.718133	0	7	85.48187	4.213233
MPLS-TE WITH LLQ	5.728629	0.137487	0	7	87.06251	4.260565
MPLS-TE WITH CBWFQ	19.58472	0.470033	0	7	86.72997	4.250895
Video Streaming						
MPLS-TE	35.9272	0.862253	0	7	86.33775	4.239291
MPLS-TE WITH LLQ	16.8784	0.405082	0	7	86.79492	4.252796
MPLS-TE WITH CBWFQ	18.96085	0.455061	0	7	86.74494	4.251334

5. Kesimpulan

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

1. Algoritma Antrian LLQ dan CBWFQ dapat dikonfigurasikan pada Jaringan MPLS-TE yang menggunakan router C7200.
2. Penggunaan Algoritma Antrian dapat membuat QoS layanan menjadi lebih baik, berdasarkan hasil pengukuran parameter *delay* memberikan perbaikan sebesar 65,86023 ms atau 91.99 % pada layanan VoIP dengan menggunakan Algoritma Antrian LLQ, sedangkan untuk layanan VoIP dengan menggunakan Algoritma Antrian CBWFQ mengalami perbaikan 52,00414 ms atau 72,64 %. Untuk layanan Video Streaming yang menggunakan antrian LLQ nilai *delay* yang didapat mengalami penurunan 19,0488 ms atau 53,02 %, sedangkan untuk antrian CBWFQ nilai *delay* yang di dapat mengalami penurunan 16,96635 ms atau 47,22 %. Dan untuk layanan FTP yang menggunakan antrian LLQ nilai *delay* yang di dapat adalah 1120,651 ms atau 84,95 %. Sedangkan untuk antrian CBWFQ nilai *delay* yang didapat 1206,281 ms atau 91,44 %. Dalam meminimalisir *delay* penggunaan antrian LLQ lebih cocok untuk layanan VoIP dan Video Streaming, sedangkan antrian CBWFQ lebih cocok digunakan untuk layanan FTP.
3. Penggunaan Algoritma Antrian terbukti dapat memperbaiki variasi *delay* sebesar 83,53 % untuk layanan VoIP dengan menggunakan antrian LLQ. Sedangkan untuk antrian CBWFQ mengalami perbaikan sebesar 19,59 %. Untuk layanan Video Streaming yang menggunakan antrian LLQ memiliki variasi *delay* sebesar 49,67 % dan untuk antrian CBWFQ memiliki variasi *delay* sebesar 48,11 %.
4. Penambahan *background traffic* 20-80 Mbps berbanding lurus dengan penambahan nilai *delay* dan *jitter* serta penurunan nilai *throughput*. Hal ini disebabkan keadaan jaringan yang semakin padat sehingga jaringan menjadi tidak stabil. Hal ini menyebabkan presentasi keberhasilan paket yang sukses semakin kecil. Sehingga pada jaringan tanpa algoritma antrian saat diberikan *background traffic* memiliki kualitas yang lebih buruk dibandingkan dengan jaringan yang menggunakan Algoritma Antrian.
5. Penggunaan algoritma antrian LLQ dan CBWFQ dapat menawarkan QoS yang lebih baik seperti yang ditunjukkan oleh hasil pengujian parameter *delay*, *jitter*, dan *throughput*.
6. Nilai MOS yang di dapatkan pada setiap layanan pada jaringan MPLS-TE dengan Algoritma Antrian menunjukkan nilai lebih baik dari pada nilai MOS pada jaringan MPLS-TE tanpa Antrian.

Daftar Pustaka :

[1] R. Erdiyanti, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERFORMANSI QoS PADA VIDEO CONFERENCE MENGGUNAKAN SERVER OPENIMSCORE DENGAN BACKBONE MPLS-TE," in *IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERFORMANSI QoS PADA VIDEO CONFERENCE MENGGUNAKAN SERVER OPENIMSCORE DENGAN BACKBONE MPLS-TE*, Bandung, Universitas Telkom, 2014, pp. 8-13.

[2] L. Ghein, MPLS Fundamentals, Indianapolis: CISCO, 2006.

[3] D. Dewanannta, "Mendesain Jaringan dengan Multi Protocol Label Switching," [Online]. Available: http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2013/02/mpls.pdf. [Diakses 05 November 2015].

[4] C. System, "Cisco System," 2009. [Online]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/ios-nx-os-software/multiprotocol-label-switching-traffic-engineering/whitepaper_c11-551235.pdf. [Accessed 10 November 2015].

[5] Cisco, "Class-Based Weighted Fair Queueing," Cisco, [Online]. Available: http://www.cisco.com/en/US/docs/ios/12_0t/12_0t5/feature/guide/cbwfq.html. [Accessed 26 February 2016].

[6] J. B. M. Gultom, "ANALISIS DAN IMPLEMENTASI QOS UNTUK LAYANAN VOIP PADA IMS DENGAN MENGGUNAKAN TEKNIK ANTRIAN LLQ DAN CBWFQ," Telkom University, Bandung, 2013.

[7] M. R. Syahrial, "Analisa Quality of Service IP Telephony dengan Metode Low Latency Queueing," Universitas Mercu Buana, Jakarta, 2014.

[8] Cisco, "Low Latency Queueing," Cisco, [Online]. Available: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_0s/feature/guide/fsllq26.html. [Accessed 2 march 2016].

[9] T. J. Widodo, "QUALITY OF SERVICE (QOS) ANALYSIS OF MULTIMEDIA TRAFFIC ON DIFFSERV - MPLS NETWORK USING CBQ, LLQ, AND WFQ QUEUEING," Universitas Telkom, Bandung, 2008.

[10] A. P. P.WEDDA, IMPLEMENTASI DAN ANALISIS SOFT QoS (DIFFSERV) PADA JARINGAN MPLS – TE UNTUK LAYANAN TRIPLE PLAY, Bandung: Universitas Telkom, 2015.

[11] R. Munadi, Teknik Switching, Bandung: Informatika, 2011.