



The Effect Of Queue Tree On Packet Loss In Bandwidth Management Online Based School Exam

Pengaruh Queue Tree pada packet loss dalam management Bandwidth Ujian Sekolah Berbasis Online

Wellem Wila Dale*, Fajar Hariadi, Raynesta Mikaela Indri Malo

Teknik Informatika, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba Indonesia

* Email Penulis Korespondensi : ops.wdale@gmail.com

Abstract. Unequal bandwidth distribution between clients that are used for online tests will cause the quality connection among clients to differ. Especially when some client dominates the bandwidth. The other client will suffer to have a proper connection. Using Queue Tree bandwidth management with the type of Per Connection Queue (PCQ) the distribution of bandwidth can be done evenly among clients. The implementation of PCQ Queue Tree is able to reduce the length of ping time by 90% from 134 ms and 13 ms. Delay is decreased 47% from 17 ms to 9 ms with a very good category. Jitter decreased 41% from 17 ms to 7 ms with a very good category. Throughput increased 53% from 234.582 Kbps to 503.584 Kbps in the medium category. Meanwhile, in the packet loss parameter, there is no difference in conditions before and after the implementation of PCQ Queue Tree because there is no packet loss during the test, which means packet loss condition is in the very good category.

Keywords: Bandwidth Management; Per Connection Queue; Queue Tree; Quality of Service.

Abstrak. Kualitas koneksi PC client yang digunakan untuk ujian online dengan menggunakan pembagian bandwidth secara tidak merata menyebabkan kualitas koneksi antara satu client dengan client lainnya berbeda. Dimana Terdapat client yang mendominasi penggunaan bandwidth sedangkan disisi lain ada client yang kesulitan melakukan koneksi karena kekurangan bandwidth. Dengan menggunakan manajemen bandwidth Queue Tree bertipe Per Connection Queue (PCQ) pembagian bandwidth dapat dilakukan secara merata sesuai dengan jumlah client yang terhubung. Implementasi PCQ Queue Tree ini mampu menurunkan lamanya waktu ping sebesar 90% dari 134 ms sebelum implementasi dan 13 ms sesudah implementasi. persentase penurunan delay 47% dari 17 ms menjadi 9 ms dengan kategori sangat bagus. Persentase penurunan jitter 41% dari 17 ms menjadi 7 ms dengan kategori sangat bagus. Throughput naik dengan cukup signifikan yaitu 53% dari 234,582 Kbps menjadi 503,584 Kbps dengan kategori sedang. Sedangkan pada parameter packet loss tidak terjadi perbedaan kondisi sebelum dan sesudah implementasi PCQ Queue Tree karena tidak terdapat packet loss selama pengujian berlangsung yang artinya kondisi packet loss masuk dalam kategori sangat bagus.

Kata kunci- Manajemen Bandwidth; Per Connection Queue; Queue Tree; Quality of Service.

PENDAHULUAN

Internet serta pembelajaran pada masa saat ini ialah dua perihal yang tidak dapat dipisahkan dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan untuk seluruh golongan pelajar serta pengajar di negara ini. Di masa pandemi saat ini, bermacam-macam tata cara pendidikan online dibuat untuk menjaga laju pertumbuhan pembelajaran mulai dari pembelajaran dasar hingga pendidikan tinggi. Sampai salah satu kebijakan yang diberikan oleh Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Nadiem Anwar Makarim, lewat pesan edaran formal Mendikbud No 1 tahun 2021 tentang Peniadaan UN dan Ujian Kesetaraan serta Pelaksanaan Ujian Sekolah dalam Masa Darurat Penyebaran COVID-19 [1]. Salah satu isi dari pesan edaran tersebut tentang Peniadaan Ujian Nasional dan Ujian Kesetaraan serta pelaksanaan Ujian Sekolah dalam Masa Darurat Penyebaran Corona Virus Disease (COVID-19).

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Negeri 1 Waingapu merupakan salah satu sekolah yang ikut mengambil bagian di dalam melaksanakan isi surat edaran tersebut dengan melaksanakan Ujian Sekolah Berbasis Online yang mengharuskan setiap peserta didik tingkat ujian untuk melaksanakan ujian tersebut di sekolah dengan tetap memperhatikan protokol kesehatan. Salah satu tahapan awal yang dilakukan untuk mendukung berjalannya ujian sekolah adalah tahap *Tryout* (uji coba). *Tryout* merupakan sarana latihan dan uji coba terhadap siswa dalam melaksanakan ujian [2]. Setelah berlangsungnya *Tryout* ujian sekolah, teknisi/operator yang menangani *Tryout* tersebut menemukan beberapa kendala teknis yang berkaitan dengan jaringan internet.

Kendala-kendala yang dihadapi seperti *request timed*

out yang merupakan kondisi dimana paket data yang dikirim hilang atau tidak mencapai tujuan [3]. Hal ini terjadi biasanya terjadi apabila kapasitas bandwidth yang disediakan telah habis digunakan oleh client [4]. Bandwidth itu sendiri merupakan kapasitas suatu jalur dalam jaringan komputer yang dapat dipergunakan dalam melewati data dengan jumlah tertentu [5]. Bandwidth yang terpakai pada client tersebar tidak merata dimana ada client yang mendominasi pemakaian bandwidth, namun di lain sisi ada client yang tidak mendapat porsi bandwidth yang mencukupi. Hal ini menyebabkan ada *client* yang gagal *log in* saat mulai menggunakan aplikasi ujian, hingga data hasil ujian dari beberapa *client* tidak bisa terbaca ke *server*. Penggunaan bandwidth yang tidak merata ini juga menyebabkan besarnya delay atau waktu yang dibutuhkan sebuah paket dari pengirim sampai ke tujuan menjadi besar [6]. Besarnya nilai delay ini akan mempengaruhi jitter atau total nilai variasi delay selama proses pengiriman sejumlah data [7]. Kombinasi dari seluruh masalah yang dialami tentunya akan berakibat dengan rendahnya jumlah paket yang dapat dikirim dengan sukses selama periode waktu tertentu atau biasa dikenal dengan istilah throughput [8].

Dari beberapa masalah yang ditemukan, peneliti menyimpulkan bahwa *bandwidth* manajemen yang diberikan modem utama belum memenuhi kebutuhan *bandwidth* semua *client* yang terhubung sehingga diperlukan metode yang cocok untuk meminimalisir keadaan seperti itu. Salah satu metode manajemen *bandwidth* yang mudah dan efektif diterapkan sesuai dengan kondisi tersebut adalah *queue tree* dengan *queue type* PCQ (*Per Connection Queue*) di mana metode ini berfungsi untuk melakukan pembatasan penggunaan *bandwidth* pada satu arah koneksi baik pada arah koneksi ketika melakukan *download* maupun *upload*, dimana proses pembedaan arah koneksi ini dapat dicapai dengan menggunakan *Per Connection Queue* (PCQ) [9]. Sedangkan proses pembatasan *bandwidth* agar sama rata di setiap *client* dapat dilakukan berdasarkan protokol yang digunakan, nomor *port*, atau *ip address* dengan menggunakan *Queue Tree* [10].

METODE PENELITIAN

Dalam penerapannya penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan. Tahapan dalam metodologi penelitian dapat digambarkan seperti pada Gambar 1.



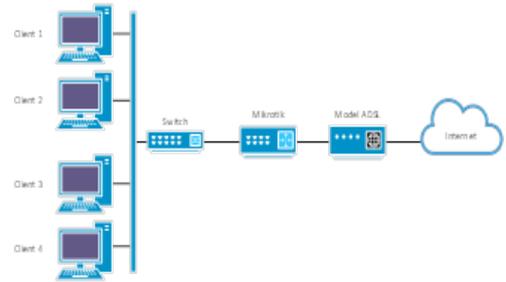
Gambar 1. Tahapan-tahapan dalam metodologi penelitian

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data awal dilakukan untuk mendapatkan data *bandwidth* untuk *download* dan *upload* bagi 40 *client* yang ada dalam laboratorium komputer yang digunakan untuk ujian sekolah secara online dan hasil analisis QoS (*Quality of Service*) yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* sebelum implementasi manajemen bandwidth.

B. Perancangan Sistem

Perubahan topologi dilakukan dengan menambahkan *routerboard* mikrotik RB951G-2HnD yang akan digunakan sebagai tempat pengaturan manajemen bandwidth yang akan ditunjukkan oleh Gambar 2.



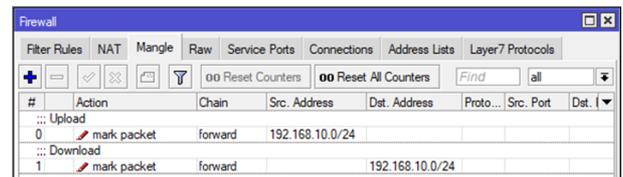
Gambar 2. Topologi Jaringan untuk Implementasi Manajemen Bandwidth

Pada gambar 2 modem utama yang dipergunakan sebagai *bridge* yang menyalurkan internet ke jaringan laboratorium komputer, kemudian mikrotik sebagai *router* digunakan untuk mengatur *bandwidth* yang dilepaskan modem utama. Hal ini berarti besaran *bandwidth*, IP statis, IP dinamis, *gateway* serta DNS akan dikontrol dan dikendalikan oleh mikrotik. Dari perancangan topologi tersebut, mikrotik ditentukan sebagai *gateway* pada kondisi jaringan laboratorium komputer dan juga dipergunakan untuk manajemen *bandwidth* terhadap lalu lintas data. Setiap *traffic data* yang masuk dan keluar akan diperiksa oleh mikrotik kemudian dilanjutkan ke tujuannya.

C. Implementasi

Tahapan yang dilakukan dalam konfigurasi manajemen *bandwidth* dilakukan pada *routerboard* mikrotik sesuai dengan urutan berikut:

a. Konfigurasi *mangle* pada *firewall* untuk membedakan *traffic download* dan *upload* seperti yang terlihat pada Gambar 3.

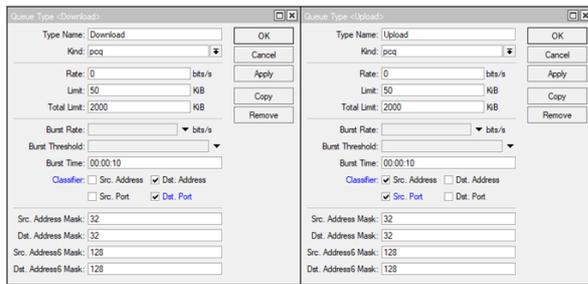


Gambar 3. Konfigurasi Mangle

Traffic download dan *upload* dibedakan berdasarkan alamat jaringan asal dan alamat jaringan tujuan. Jika paket berasal dari alamat jaringan LAN maka paket tersebut merupakan paket pada *traffic upload*, sedangkan jika paket memiliki alamat jaringan LAN sebagai tujuan, maka paket tersebut merupakan *traffic download*.

b. Konfigurasi PCQ (*Per Connection Queue*).

Per Connection Queue (PCQ) berfungsi mengklasifikasikan arah koneksi. Jika *classifier* yang digunakan adalah *src.address* pada *local interface*, maka aliran PCQ akan menjadi koneksi *upload*. Begitu juga dengan *dst.address* akan menjadi *download*. Sedangkan tampilan Konfigurasi PCQ ditunjukkan oleh Gambar 4.

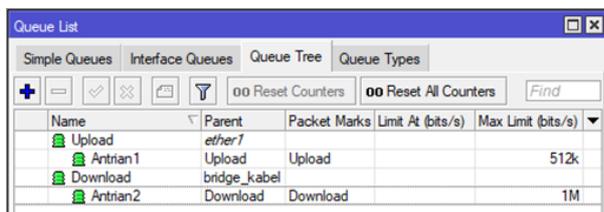


Gambar 4. Konfigurasi PCQ

Kecepatan transmisi data pada kedua jalur, baik *upload* dan *download* tidak dibatasi dimana PCQ Rate = 0. Namun batas maksimum *queue* atau antrian yang dapat ditampung oleh setiap *sub-queue* dibatasi dengan PCQ Limit = 50 KB per *sub-queue*, yang berarti koneksi untuk 40 *client* akan menghasilkan PCQ Total Limit 2000 KB karena setiap *client* akan menciptakan satu buah *sub-queue*.

c. Konfigurasi Queue Tree.

Tujuan dilakukannya konfigurasi *Queue Tree* adalah membagi rata *bandwidth* ke sejumlah *client* yang terhubung, dimana nantinya *bandwidth* yang diterima oleh setiap *client* akan bergantung pada banyaknya jumlah *client* yang terhubung. Semakin sedikit jumlah *client* yang terhubung maka batas *bandwidth* yang diterima akan semakin besar, sedangkan semakin banyak jumlah *client* yang terhubung maka batasan *bandwidth* yang diterima oleh setiap *client* akan semakin kecil. Karena *bandwidth* akan dibagi dengan banyaknya jumlah *client* yang terhubung. Tampilan *Queue Tree* ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Queue Tree

Konfigurasi yang dilakukan menyesuaikan dengan konfigurasi mangle sebelumnya. Parent dari queue upload adalah interface yang dijadikan sumber internet, dimana *bandwidth* untuk traffic upload dibatasi sebesar 512 Kb/s. Sedangkan parent untuk download adalah interface yang digunakan untuk menghubungkan jaringan LAN dimana pada kasus ini interface yang digunakan adalah *bridge_kabel* yang merupakan *bridge* dari *ether2*, *ether3*, *ether4*, dan *ether5*. Batasan *bandwidth* yang diberikan untuk download sebesar 1 Mb/s.

D. Pengujian Sistem

Pada tahap pengujian sistem akan dilakukan monitoring sejauh mana implementasi metode ini berjalan dan melihat hasil yang akan didapatkan dari QoS (*Quality of Service*). Pengujian dilakukan dengan cara mengakses aplikasi ujian sekolah berbasis *online* dari 40 *client* yang ada di Laboratorium Komputer SMK Negeri 1 Waingapu.

E. Analisis Hasil

Langkah terakhir yang dilakukan adalah mengevaluasi sistem terhadap QoS (*Quality of Service*) jaringan sebelum dan sesudah implementasi manajemen *bandwidth*.

Parameter QoS yang dibandingkan adalah *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* dari *traffic* 40 *client* yang sedang berlangsung ujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem Menggunakan Speedtest

Pengujian sistem dilakukan menggunakan speedtest untuk melihat apakah konfigurasi yang diterapkan sebelum dan sesudah implementasi memiliki perbedaan atau tidak. Sehingga nantinya dapat dijadikan acuan dalam menguji parameter Quality of Services (QoS) seperti yang terlihat Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Speedtest Sebelum Implementasi

Dari Gambar 6 terlihat kecepatan transfer data pada proses download mendapatkan nilai rata-rata 2.57 Mbps dan nilai rata-rata upload 0.54 Mbps dengan ping 134 ms. Nilai *SpeedTest* sesudah implementasi bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai Speedtest Sesudah Implementasi

Hasil pengujian setelah dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan PCQ dan *Queue Tree* memberikan hasil nilai ping rata-rata 13 ms, nilai rata-rata *bandwidth* untuk aktifitas *download* 0.96 Mbps dan *upload* 0.50 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa pembagian *bandwidth* untuk setiap *client* pada proses *download* dan *upload* sudah berhasil bekerja dengan baik.

Dari kedua pengujian pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 diketahui perbandingan kualitas koneksi dari sebelum dan sesudah konfigurasi dengan metode *Queue Tree*. Persentase penurunan ping yang didapatkan adalah sebesar 90% yaitu dari 134 ms sebelum implementasi dan 13ms sesudah implementasi. Hal ini membuktikan bahwa *Queue Tree* mampu meminimalisir ping serta dapat membagi *bandwidth* sesuai dengan hasil konfigurasi.

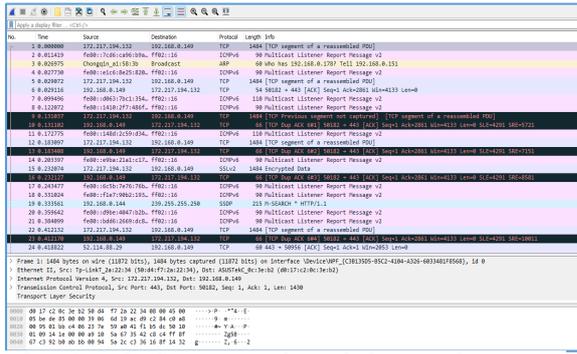
B. Pengujian Sistem Menggunakan Wireshark

Pengujian Pengujian sistem dilakukan menggunakan *Wireshark* untuk melihat apakah konfigurasi yang diterapkan sebelum dan sesudah implementasi memiliki perbandingan atau tidak. Sehingga nantinya dapat dijadikan acuan dalam menguji parameter *quality of services*.

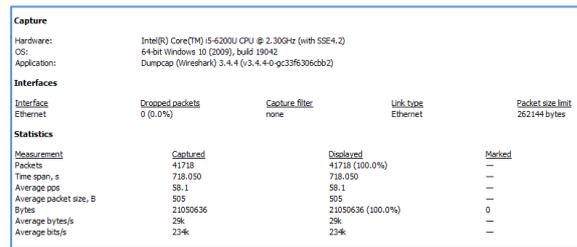
1. Sebelum Implementasi

Berikut adalah monitoring data dari aplikasi *wireshark* sebelum implementasi manajemen *bandwidth*. Hasil *captured* ini akan diukur *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* kemudian akan didapatkan nilai sebelum

implementasi manajemen bandwidth untuk masing-masing parameter tersebut seperti ditunjukkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Capture packet sebelum implementasi PCQ

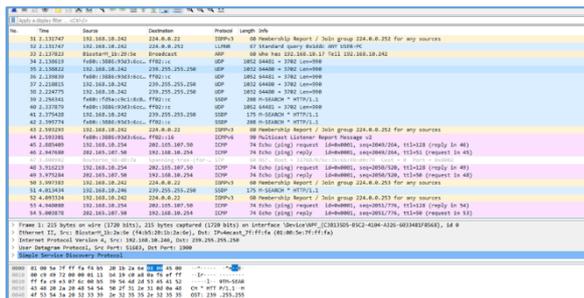


Gambar 9. Capture packet sebelum implementasi PCQ

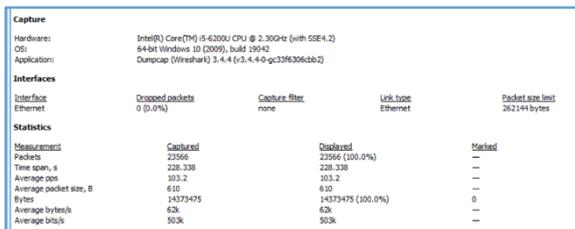
Gambar 8 dan 9 merupakan keterangan dari capture packet sebelum implementasi manajemen bandwidth untuk melihat statistik dari aktivitas pengiriman dan permintaan paket dari client.

2. Sesudah Implementasi

Gambar 3.5 adalah tampilan monitoring data dari aplikasi wireshark sesudah implementasi manajemen bandwidth. Dari hasil captured ini akan diukur delay, jitter, packet loss, dan throughput kemudian akan didapatkan nilai sesudah implementasi manajemen bandwidth untuk masing-masing parameter tersebut. Seperti yang terlihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.



Gambar 10. Capture packet sesudah implementasi PCQ



Gambar 11. Capture packet sesudah implementasi PCQ

Gambar 11 merupakan keterangan dari capture packet sebelum implementasi manajemen bandwidth untuk melihat statistik dari aktivitas pengiriman dan permintaan paket dari client.

C. Pengukuran Parameter Delay

Pengukuran parameter delay dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi Queue Tree. Pengukuran delay akan diukur berdasarkan rumus delay pada Tabel 1 dan hasil dari pengukuran delay akan dikategorikan sesuai dengan kategori delay pada Tabel 2.

Tabel 1. Rumus Delay

$$\text{Delay rata-rata} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total packet yang diterima}}$$

Tabel 2. Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

1. Pengukuran delay sebelum implementasi queue tree dan PCQ.

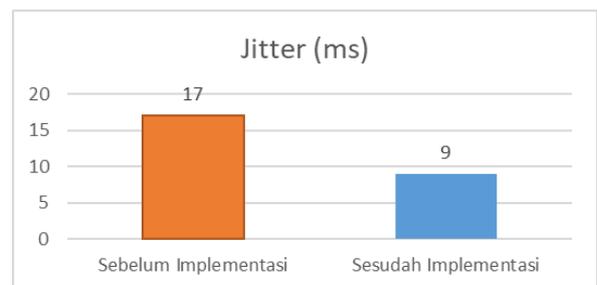
$$\begin{aligned} \text{Total delay} &= 718.049565 \text{ s} \\ \text{Rata-rata delay} &= 0.017211987 \\ * \text{Ubah ke millisecond:} & \\ &= 0.017211987 \times 1000 \\ &= 17.211987 \text{ ms} \\ &= 17 \text{ ms} \end{aligned}$$

Dari hasil capture Wireshark menunjukkan delay yang diberikan sebesar 17 ms atau dengan kategori sangat bagus. Hal ini berarti kualitas layanan yang diberikan ISP sudah cukup untuk mengatasi delay dalam jaringan tersebut.

2. Pengukuran delay sesudah implementasi queue tree dan PCQ.

$$\begin{aligned} \text{Total delay} &= 228.095039 \text{ s} \\ \text{Rata-rata delay} &= 0.00967981 \text{ s} \\ * \text{Ubah ke millisecond:} & \\ &= 0.00967981 \times 1000 \\ &= 9.67981 \text{ ms} \\ &= 9 \text{ ms} \end{aligned}$$

Dari hasil capture Wireshark menunjukkan delay yang diberikan sebesar 9 ms atau dengan kategori sangat bagus. Ini menunjukkan bahwa metode queue tree dan PCQ dalam manajemen bandwidth memberikan pengaruh yang cukup baik dalam meminimalisir delay yang terjadi yang terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Perbandingan Jitter Sebelum dan Sesudah Implementasi

D. Pengukuran Parameter *Packet Loss*

Pengukuran parameter *packet loss* dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi *Queue Tree*. Hasil dari pengukuran *packet loss* akan di kategorikan sesuai dengan kategori *packet loss* pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori *Packet Loss*

Kategori <i>Degradasi</i>	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

1. Pengukuran *packet loss* sebelum implementasi *queue tree* dan PCQ.

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= ((\text{Paket dikirim} - \text{paket diterima}) / \text{paket diterima}) \times 100 \\ &= ((41718 - 41718) / 41718) \times 100 \\ &= (0 / 41718) \times 100 \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Dari hasil capture Wireshark menunjukkan *packet loss* yang diberikan sebesar **0%** atau dengan kategori sangat bagus.

2. Pengukuran *packet loss* sesudah implementasi *queue tree* dan PCQ.

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= ((\text{Paket dikirim} - \text{paket diterima}) / \text{paket diterima}) \times 100 \\ &= ((23566 - 23566) / 23566) \times 100 \\ &= ((0 / 23566) \times 100) \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Dari pengukuran *packet loss* sesudah implementasi hasil capture Wireshark menunjukkan *packet loss* yang diberikan sebesar 0% atau dengan kategori sangat bagus.

Dari hasil kedua perhitungan tidak terdapat perbedaan jumlah *packet loss* antara kondisi jaringan sebelum implementasi PCQ *Queue Tree* dengan sesudah implementasi. Kedua kondisi jaringan menghasilkan kondisi yang sama dimana tidak terdapat *packet loss* atau *packet* yang tidak sampai ke tujuan.

E. Pengukuran Parameter *Throughput*

Pengukuran parameter *throughput* dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi *Queue Tree*. Pengukuran *throughput* akan diukur berdasarkan rumus *throughput* pada Tabel 3 dan hasil dari pengukuran *throughput* akan di kategorikan sesuai dengan kategori *throughput* pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Rumus *Throughput*

<i>Throughput</i> =	Paket data diterima
	Lama pengamatan

Tabel 5. Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	< 25%	1

1. Pengukuran *throughput* sebelum implementasi *queue tree* dan PCQ.

$$\text{Throughput} = \text{Paket data yang diterima} / \text{lama pengamatan}$$

$$\begin{aligned} &= 21050636 \text{ Bytes} / 718,050 \text{ s} \\ &= 29,316 \text{ Bytes} \times 8 \text{ (untuk konversi ke Kb)} \\ &= 234,582 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

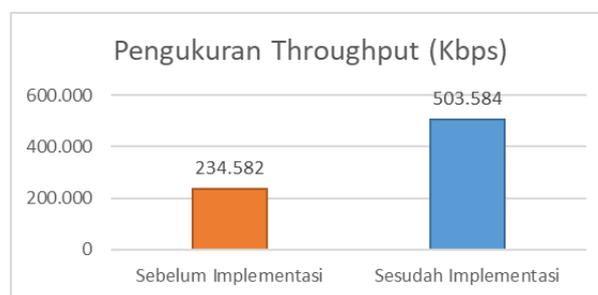
Jadi, berdasarkan hasil *capture wireshark* pada Gambar 8 dan 9 maka setelah kalkulasi didapatkan persentase *throughput* sebelum implementasi sebesar 234,582 Kbps (Kilobyte per second).

2. Pengukuran *throughput* sesudah implementasi *queue tree* dan PCQ.

$$\text{Throughput} = \text{Paket data yang diterima} / \text{lama pengamatan}$$

$$\begin{aligned} &= 14373475 \text{ Bytes} / 228.338 \text{ s} \\ &= 62,948 \text{ Bytes} \times 8 \text{ (untuk konversi ke Kb)} \\ &= 503,584 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan hasil *capture wireshark* pada Gambar 10 dan Gambar 11 maka setelah dikalkulasi mendapatkan persentase *throughput* setelah implementasi sebesar 503,584 Kbps, seperti yang terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Perbandingan *Jitter* Sebelum dan Sesudah Implementasi

Dari Gambar 3.8 didapatkan *throughput* yang dihasilkan naik hingga 53% yaitu dari 234,582 Kbps menjadi 503,584 Kbps dengan kategori sedang. Manajemen *bandwidth* dengan metode PCQ *queue tree* meningkatkan kualitas *throughput* karena pembagian *bandwidth* yang merata di setiap *client*.

KESIMPULAN

Metode *Queue Tree* dan PCQ dapat membatasi dan membagi *bandwidth* secara merata bagi 40 *client* dengan pembatasan *bandwidth* sesuai dengan konfigurasi yang telah dilakukan yaitu Batasan *bandwidth* upload 512 Kbps dan Batasan *bandwidth* download sebesar 1 Mbps. Batasan yang telah dilakukan mampu meningkatkan *Quality of service* (Qos) yang dihasilkan. Hal ini tercermin dari menurunnya *delay* dengan persentase penurunan hingga 47% yaitu dari 17 ms sebelum implementasi menjadi 9ms sesudah implementasi dengan kategori sangat bagus. Kemudian pada parameter *jitter* mendapatkan persentase penurunan hingga 41% yaitu dari 17 ms sebelum implementasi menjadi 7 ms sesudah implementasi dengan kategori sangat bagus. Pada parameter *throughput* mendapatkan kenaikan yang cukup signifikan dengan persentase kenaikan sekitar 53% yaitu dari 234,582 Kbps sebelum implementasi menjadi 503,584 Kbps sesudah implementasi dengan kategori sedang. Sedangkan untuk parameter *packet loss* dengan metode *Queue Tree*, nilai yang diberikan tidak mengalami perubahan dimana

sebelum dan sesudah adanya PCQ *Queue Tree* tidak terdapat *packet loss* sama sekali, sehingga kategori *packet loss* masuk dalam kategori sangat bagus.

REFERENSI

- [1] M. P. dan Kebudayaan, "Surat Edaran Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No. 1 Tahun 2021 Tentang Peniadaan Ujian Nasional dan Ujian Kesetaraan," 2021.
- [2] A. A. Ritonga and B. Bangun, "Pengembangan Tryout Ujian Online Pada SMK Siti Banun," *J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 18–26, 2020.
- [3] F. Rahman, "Aplikasi Kendali Kesalahan pada Jaringan Komputer dengan Menggunakan Metode Automatic Repeat Request (ARQ)," 2015.
- [4] N. I. Dirja, "Implementasi Metode Simple Queue Dan Queue Tree Untuk Optimasi Manajemen Bandwith Jaringan Komputer Di Politeknik Aceh Selatan," *METHOMIKA J. Manaj. Inform. Komputerisasi Akunt.*, vol. 2, no. 1, pp. 43–50, 2018.
- [5] R. Aliansyah, Y. N. Kuanag, M. Kom, A. I. Wijaya, and L. B. Handoko, "Manajemen Bandwidth Dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang," *J. Tek. Inform. Udinus*, vol. 1, no. 1, pp. 5–7, 2015.
- [6] T. Pratama, M. A. Irwansyah, and Yulianti, "Perbandingan Metode PCQ, SFQ, RED Dan FIFO Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan Pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura," *J. Tek. Inform. Univ. Tanjungpura*, vol. 3, no. 3, pp. 298–303, 2015.
- [7] F. Z. Nasihin, A. B. P. Negara, and A. Irwansyah, "Studi Perbandingan Performa QoS (Quality of Service) Tunneling Protocol PPTP Dan L2TP Pada Jaringan VPN Menggunakan MikroTik," *JUSTIN (Jurnal Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 1, pp. 39–44, 2015.
- [8] R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – LIPI)," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016, doi: 10.28932/jutisi.v2i2.454.
- [9] M. A. S. Arifin, "Penerapan Bandwidth Management Untuk Dynamic User Pada Mikrotik Menggunakan Per Connection Queue (PCQ)," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 4, no. 2, pp. 194–198, 2018, doi: 10.35957/jatisi.v4i2.102.
- [10] H. Supendar and M. H. Siregar, "Metode Queue Tree Dalam Membangun Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *J. Inf. Syst. applied, Manag. Account. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 29–34, 2018.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Article History:

Received: 26-08-2021 | Accepted: 22-10-2021 | Published: 30-11-2021
