

ANALISIS *QUALITY OF SERVICE* MENGGUNAKAN METODE *HIERARCHICAL TOKEN BUCKET* (STUDI KASUS: FTI UKSW)

Yoppy B Pello¹, Rissal Efendi²

^{1,2}Fakultas Teknologi Informasi, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Satya Wacana
Email: ¹ypello24@gmail.com, ²rissal.efendi@uksw.edu

(Naskah masuk: 19 Agustus 2021, diterima untuk diterbitkan: 4 September 2021)

Abstrak

Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana merupakan salah satu fakultas yang telah berkembang, perkembangan teknologi informasi menyebabkan tingginya permintaan terhadap tenaga kerja yang handal serta mempunyai kemampuan di dalam bidang teknologi informasi. Salah satu faktor pendukung perkembangan yaitu dengan adanya teknologi dapat membuat semua proses pertukaran data menjadi lebih cepat. Seiring dengan berjalannya waktu, proses pertukaran data tidak diimbangi dengan mutu layanan jaringan sehingga menyebabkan *bandwidth* yang tersedia tidak digunakan secara optimal. Solusi dari masalah ini dengan adanya *Quality of Service*, *bandwidth* yang tadinya kurang maksimal dapat di atasi dengan metode *Hierarchical Token Bucket* karena metode ini dapat mengelompokkan *queue* menjadi lebih terstruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa jaringan *WLAN* yang ada di FTI UKSW dengan menggunakan aplikasi *Wireshark* sebagai *tools* utama agar dapat mengukur parameter QoS. Hasil QoS yang di analisa selama 30 detik mendapatkan hasil yang sangat memuaskan dengan metode HTB. Untuk hasil pengukuran total, *delay* sebesar 23.70 m/s, *jitter* 12.92 m/s, *packet loss* 0%, dan *throughput* 100%. Kemudian untuk rata-rata *delay* sebesar 0.005868272 m/s, dan rata-rata *jitter* 0.00319989 m/s.

Kata kunci: *QoS, HTB, Analisa, Bandwidth, WLAN*

QUALITY OF SERVICE ANALYSIS USING THE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET METHOD (CASE STUDY: SWCU FTI)

Abstract

The Satya Wacana Christian University Faculty of Information Technology is one of the faculties that has developed, the development of information technology causes a high demand for reliable and skilled workers in the field of information technology. One of the factors supporting the development is that technology can make all data exchange processes faster. Over time, the data exchange process is not matched with the quality of network services, causing the available bandwidth to not be used optimally. The solution to this problem is the existence of *Quality of Service*, the previously less than optimal bandwidth can be overcome with the *Hierarchical Token Bucket* method because this method can group queues into a more structured way. This study aims to analyze the *WLAN* network in the SWCU FTI using the *Wireshark* application as the main tool to measure QoS parameters. QoS results were analyzed for 30 seconds to get very satisfactory results with the HTB method. For total measurement results, the delay is 23.70 m/s, jitter is 12.92 m/s, packet loss is 0%, and throughput is 100%. Then the average delay is 0.005868272 m/s, and the average jitter is 0.00319989 m/s.

Keywords: *QoS, HTB, Analysis, Bandwidth, WLAN*

1. PENDAHULUAN

Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana merupakan salah satu fakultas yang memiliki sistem kompleks yang terdiri dari banyak jurusan, dan bagian penting lainnya. Dengan ruang lingkup fakultas yang besar, maka penerapan sistem informasi di pusat akan memberatkan *server* utama. Sekalipun proses sistem informasi tersebut dibagi ke dalam beberapa jurusan dan juga bagian

penting lainnya, maka akan ada banyak sekali sistem informasi dengan berbagai program sistem operasi yang sedang berjalan maupun kinerja jaringan komputer atau layanan dengan kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi di Indonesia semakin mempermudah setiap orang dalam melakukan pekerjaan di berbagai bidang, diantaranya dalam bidang pendidikan. Salah satu perkembangan teknologi informasi dan

komunikasi adalah internet. Internet saat ini merupakan satu hal yang penting dalam sebuah perusahaan atau instansi. Dengan adanya jaringan internet, kegiatan komunikasi untuk mendapatkan informasi menjadi lebih mudah [1]. Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna internet, membuat lalu lintas pada jaringan semakin kompleks [2]. Sehingga solusi yang terbaik untuk mengatasi masalah ini yaitu dengan melakukan manajemen *bandwidth* [3].

Tetapi terdapat beberapa kendala dan permasalahan pada manajemen *bandwidth*, seperti permasalahan kegagalan dan keterlambatan dalam proses pengiriman data dikarenakan padatnya *traffic* pada jalur internet tersebut mengakibatkan banyaknya pengguna dari jaringan internet terhadap *bandwidth* yang dimiliki dan bisa juga karena tidak adanya pengaturan atau pembagian *bandwidth* [4]. Sehingga optimalisasi penggunaan *bandwidth* adalah salah satu keharusan *admin* jaringan agar penggunaan *bandwidth* dapat digunakan secara optimal dan *user* mendapatkan pelayanan yang baik.

Quality of Service (QoS) adalah layanan untuk mengatur dan mengelola pertukaran lalu lintas data dalam mengelola *bandwidth* di dalam jaringan. Sehingga kemampuan jaringan dapat digunakan secara optimal. Adapun parameter *Quality of Service* adalah *Delay*, *Jitter*, *Packet loss*, dan *Throughput* [5].

Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah antrian *classfull* dimana antrian ini mempunyai fungsi untuk mengerjakan bermacam-macam jenis *traffic* sehingga HTB dapat mengelompokkan *queue* menjadi lebih terstruktur seperti (*parent-child*) atau (*child-child*) [6].

Penelitian terkait Penerapan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan HTB dengan *Router Mikrotik* telah dilakukan. Menurut Aji Diyantoro dan Noor Hapip Haekal dalam penelitian ini menjelaskan bahwa *router* akan menjadi perangkat utama dalam melakukan proses pengiriman paket data melalui jaringan internet sehingga proses ini juga digunakan dalam melakukan pengelolaan lalu lintas jaringan termasuk manajemen *bandwidth*. Dengan adanya *Hierarchical Token Bucket* menjadikan dalam membuat *queue* di *Mikrotik Routerboard* menjadi lebih terstruktur dengan melakukan pengelompokan bertingkat [7].

Perkembangan jaringan yang semakin ramai mengharuskan layanan sistem informasi menjadi lebih cepat, sehingga membuat Shiha Budin dan Imam Riadi menulis tentang *Traffic Shaping* dengan Metode *Hierarchical Token Bucket* pada Jaringan Nirkabel. Penelitian ini menjelaskan bahwa *Traffic Shaping* dengan Metode HTB bisa membagi trafik agar lebih teliti, sehingga *bandwidth* yang tidak dipakai dapat di optimalkan oleh *user* lainnya. Hasil *Traffic Shaping* dengan metode HTB mendapatkan hasil rata-rata 3,75 sehingga dapat di kategorikan memuaskan, di bandingkan tidak menggunakan

traffic shaping dengan hasil rata-rata 2,25 yang di kategorikan sedang [8].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Quality of Service

QoS atau *Quality of Service* adalah metode pengukuran dimana metode ini digunakan untuk menentukan kapabilitas jaringan, seperti aplikasi jaringan, *host*, atau *router* untuk menyediakan layanan jaringan yang lebih baik dan terencana sesuai dengan kebutuhan layanan. Adapun parameter di dalam QoS adalah *Delay*, *Jitter*, *Packet loss*, serta *Throughput*. QoS juga membantu *user* agar lebih mampu di dalam mendapatkan performa yang lebih cepat dari aplikasi berbasis jaringan [9]. Nilai dari *Quality of Service* menurut standard kualitas jaringan dari TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) [10] di jelaskan di Tabel 1.

Tabel 1. Index Quality of Service

Nilai	Persentase	Index
3,8 - 4	95 - 100 %	Sangat Memuaskan
3 - 3,79	75 - 94,75 %	Memuaskan
2 - 2,99	50 - 74,75 %	Sedang
1 - 1,99	25 - 49,75 %	Jelek

Nilai persentase pada Tabel 1 dipakai untuk memastikan kapabilitas pada jaringan. Menurut *index* QoS dengan mengukur rata-rata nilai yang di dalamnya terdapat parameter *Delay*, *Jitter*, *Packet loss*, dan *Throughput*.

a. Delay

Adalah total waktu yang tertunda akibat suatu paket yang di akibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik yang lain ke tempat yang dituju. Di jelaskan di Tabel 2.

Tabel 2. Delay

Degradasi	Besar Delay	Index
Sangat Memuaskan	< 150 m/s	4
Memuaskan	150 m/s - 300 m/s	3
Sedang	300 m/s - 450 m/s	2
Jelek	> 450 m/s	1

b. Jitter

Adalah variasi atau perubahan *delay* waktu kedatangan paket. *Jitter* juga diartikan sebagai gangguan pada komunikasi *digital* atau *analog* yang disebabkan karena perubahan sinyal. Di jelaskan di Tabel 3.

Tabel 3. Jitter

Degradasi	Peak Jitter	Index
Sangat Memuaskan	0 m/s	4
Memuaskan	0 m/s - 75 m/s	3
Sedang	75 m/s - 125 m/s	2
Jelek	125 m/s - 225 m/s	1

c. Packet loss

Adalah suatu kondisi dimana menunjukkan jumlah total paket yang hilang. *Packet loss* juga diartikan sebagai kegagalan transmisi paket data untuk mencapai tujuannya, yang disebabkan oleh tabrakan di dalam jaringan. Di jelaskan di Tabel 4.

Tabel 4. *Packet loss*

Degradasi	Packet loss	Index
Sangat Memuaskan	0 - 2 %	4
Memuaskan	3 - 14 %	3
Sedang	12 - 24 %	2
Jelek	> 25 %	1

d. *Throughput*

Adalah kemampuan suatu jaringan di dalam melakukan proses pengiriman data biasanya *throughput* selalu disamakan dengan *bandwidth* dalam kondisi yang sebenarnya. *Throughput* dapat di ukur dalam *bytes/s*. Di jelaskan di Tabel 5.

Tabel 5. *Throughput*

Degradasi	Throughput	Index
Sangat Memuaskan	100 %	4
Memuaskan	75 %	3
Sedang	50 %	2
Jelek	< 25 %	1

Rumus untuk menghitung *Throughput* [11] adalah :

$$Throughput = \frac{Packet\ Received\ (kb)}{Time\ Transmitted\ (s)}$$

2.2. Hierarchical Token Bucket

HTB adalah cara untuk membatasi trafik pada setiap klasifikasinya sehingga hal ini membuat *bandwidth* yang tidak digunakan dapat dipakai oleh prioritas yang lain. Lalu terdapat tiga tipe *class* dalam HTB, yaitu: *root*, *inner*, dan *leaf*. *Root class* yang berada paling atas memprioritaskan semua *traffic* harus melewati *class* ini. *Inner class* memiliki *parent class* dan *child class*. Sedangkan *leaf class*, yang berada dalam *class* paling dasar dari *layer* harus lebih tinggi melalui klasifikasi yang harus digunakan melalui *filter*, sehingga dapat membedakan jenis *traffic* dan prioritasnya [12].

2.3. Wireshark

Wireshark adalah *tools* atau aplikasi *Network Analyzer* yang biasa digunakan oleh *Network Administrator* sebagai pemecahan masalah jaringan dan penganalisis kualitas jaringan yang di dalamnya terdapat berbagai jenis data dari internet. Kemudian *wireshark* juga dipakai untuk *sniffing* atau mengambil data dan informasi secara illegal. *Wireshark* juga mempunyai berbagai macam fitur yang di dalamnya terdapat fitur *display filter language* [13].

2.4. Bandwidth

Bandwidth adalah kapasitas atau daya tampung kabel *Ethernet* agar bisa melewati *traffic* paket data

dalam jumlah tertentu. Luas atau lebar cakupan frekuensi yang digunakan oleh sinyal dalam proses transfer data dihitung dalam *bytes/s*. Bisa juga diartikan sebagai lebar cakupan frekuensi yang dipakai oleh sinyal dalam medium transmisi [14].

2.5. Tahapan Penelitian

Cisco telah menghasilkan sebuah siklus perencanaan jaringan [15]. Di dalam penelitian ini dapat dibagi ke dalam 6 (enam) tahap yaitu sebagai berikut : 1. *Prepare*, 2. *Plan*, 3. *Design*, 4. *Implement*, 5. *Operate*, 6. *Optimize*.



Gambar 1. Alur Tahapan PPDIOO

Tahapan penelitian pada Gambar 1 di jelaskan seperti ini :

Tahapan Pertama

Prepare : Mengidentifikasi masalah merupakan langkah awal dalam melihat permasalahan QoS yang berkaitan dengan metode HTB. Perumusan masalah yang di ambil dalam penelitian ini meliputi :

1. Data diambil hanya di Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana.
2. Menggunakan aplikasi *wireshark* sebagai *network analyzer*.
3. Untuk monitoring jaringan harus terhubung dengan jaringan WLAN FTI UKSW.

Tahapan Kedua

Plan : Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data acuan seperti buku, jurnal, dan sumber lain untuk mendukung analisa QoS dengan metode HTB.

Tahapan Ketiga

Design : Tahap ini dilakukan pembuatan desain topologi jaringan FTI UKSW yang lama dan mengalokasikan *bandwidth* di setiap bagian, kemudian dilakukan pengembangan.

Tahapan Keempat

Implement: Pada tahap ini akan di lakukan proses yang sudah di rencanakan dan di desain sebelumnya.

Tahapan Kelima

Operate : Pada tahap ini akan dilakukan penentuan alokasi manajemen *bandwidth* dengan metode HTB agar dapat berjalan sesuai dengan prosedurnya.

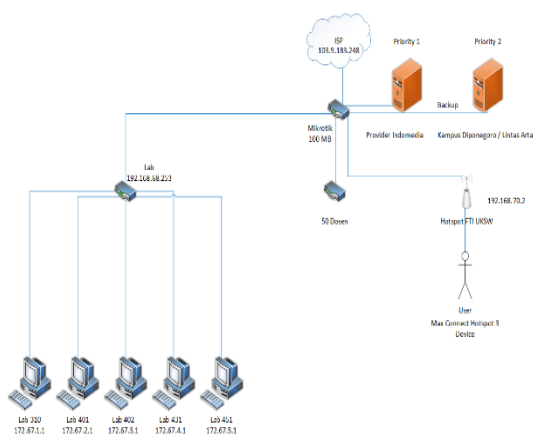
Tahapan Keenam

Optimize : Di tahap terakhir ini akan dilakukan evaluasi QoS dengan metode HTB yang telah dikembangkan, serta membandingkan dengan hasil data sebelum dan sesudah menggunakan *Quality of Service*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Topologi Jaringan FTI UKSW

Pada tahap penelitian ini sebelum melakukan perancangan *bandwidth Hierarchical Token Bucket*, tahap selanjutnya yaitu mendesain topologi jaringan di jelaskan pada Gambar 2.



Gambar 2. Topologi sebelum dilakukan perancangan HTB

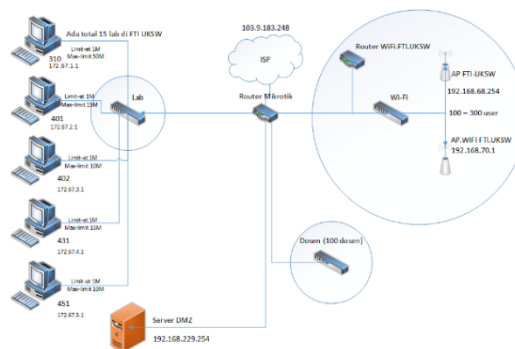
Gambar 2 adalah topologi FTI UKSW sebelum dilakukan metode HTB yang terdiri dari jaringan utama, yaitu jaringan ISP (103.9.183.248), Lab (192.168.68.253), dan Hotspot (192.168.70.2). Adapun alokasi *bandwidth* seperti Tabel 6.

Tabel 6. Alokasi *bandwidth* FTI UKSW

Jaringan	Bandwidth
Mikrotik	100 MB
Lab	30 MB
Dosen	50 MB
Hotspot	20 MB

3.2. Perancangan Manajemen *Bandwidth* HTB

Sesudah dilakukan perancangan topologi jaringan kemudian dilakukan perancangan manajemen *bandwidth* HTB Di jelaskan pada Gambar 3.



Gambar 3. Topologi jaringan sesudah dilakukan perancangan HTB

Gambar 3 adalah topologi jaringan FTI UKSW sesudah dilakukan perancangan HTB. Dalam topologi jaringan di atas, jaringan lab yang terdiri dari 15 lab mempunyai kecepatan jaringan yang berbeda-beda karena tergantung dari kebutuhan dan pemakaian *user*. Terdapat juga *server DMZ* yaitu mekanisme untuk melindungi sistem *internal* dari serangan *hacker* atau pihak lain yang ingin memasuki sistem tanpa memiliki hak akses. Jaringan lab, dosen, dan Wi-Fi merupakan penggabungan *group* dari seluruh jaringan di FTI UKSW. *Bandwidth* yang di miliki oleh jaringan FTI UKSW sebelumnya adalah 100 *Mbps* kemudian ditingkatkan sebesar 500 *Mbps*. Untuk batas maksimal *user* Wi-Fi di FTI UKSW hanya bisa menampung 100-300 *user*. Penerapan manajemen *bandwidth* HTB, menjadikan *user* jaringan Wi-Fi mendapatkan akses *full bandwidth* sebesar 40 *Mbps*.

3.3. Hasil Pengukuran Parameter QoS

Tabel 7. Parameter-parameter QoS di FTI UKSW

Parameter QoS	Hasil Pengukuran Total	Index
Delay	23.70 <i>m/s</i>	4
Jitter	12.92 <i>m/s</i>	3
Packet loss	0 %	4
Throughput	100 %	4

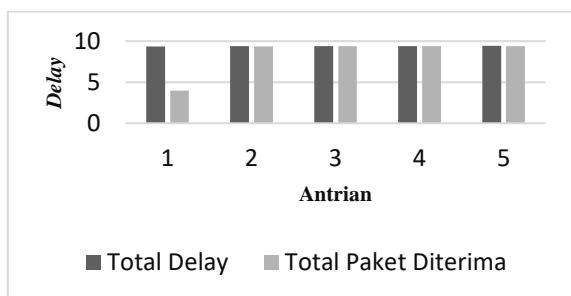
Berdasarkan pada data Tabel 7 di atas, maka dapat di simpulkan nilai *Delay* sebesar 23.70 *m/s* dengan *index* 4, *Jitter* sebesar 12.92 *m/s* dengan *index* 3, *Packet loss* 0 % dengan *index* 4, dan *Throughput* 100 % dengan *index* 4, sehingga secara keseluruhan dari parameter QoS di FTI UKSW dapat disimpulkan Sangat Memuaskan.

a. Delay

Tabel 8. Analisa parameter delay

Paket Data	Total Delay	Total paket diterima	Index
1	9.365275 <i>m/s</i>	3.976476 <i>m/s</i>	4
2	9.405166 <i>m/s</i>	9.365275 <i>m/s</i>	4
3	9.405269 <i>m/s</i>	9.405166 <i>m/s</i>	4
4	9.405434 <i>m/s</i>	9.405269 <i>m/s</i>	4
5	9.431064 <i>m/s</i>	9.405434 <i>m/s</i>	4

Pada Tabel 8 di atas adalah hasil pengukuran dari delay. Dari hasil pengukuran total delay yang paling tinggi sebesar 9.431064 m/s dan hasil ini terbilang Sangat Memuaskan, lalu untuk hasil terendah delay sebesar 3.976476 m/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata delay WLAN FTI UKSW yaitu < 150 m/s, dengan index TIPHON 4 atau Sangat Memuaskan. Untuk melihat perhitungan dalam grafik dapat dilihat di Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Delay

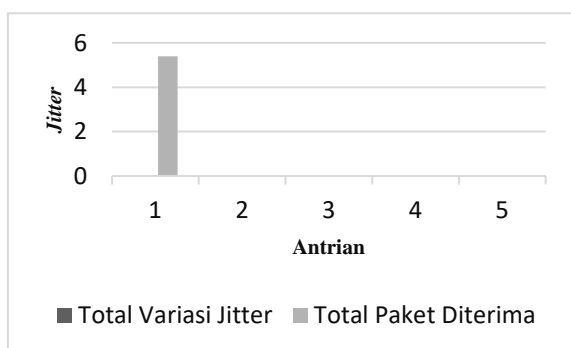
b. Jitter

Proses selanjutnya dilakukan analisis jitter sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Analisa parameter jitter

Paket Data	Total variasi jitter	Total paket diterima	Index
1	0.039891 m/s	5.388799 m/s	3
2	0.000103 m/s	0.039891 m/s	4
3	0.000165 m/s	0.000103 m/s	4
4	0.02563 m/s	0.000165 m/s	4
5	0 m/s	0.02563 m/s	4

Pada Tabel 9 di atas adalah hasil akhir dari perjalanan paket yang diterima dari jaringan IP. Paket data 1 dan 5 rata-rata nilai total variasi delay adalah 0.032 m/s, kemudian rata-rata paket yang diterima adalah 2.727 m/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata jitter WLAN FTI UKSW yaitu 0 m/s - 75 m/s, dengan index 3 atau Memuaskan. Untuk melihat perhitungan dalam grafik dapat dilihat di Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Jitter

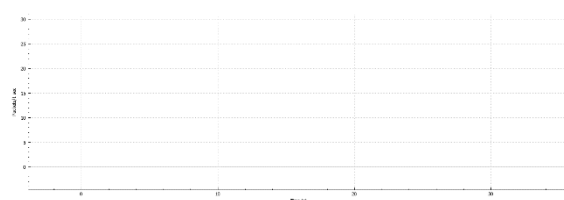
c. Packet Loss

Tahapan berikutnya adalah dilakukan Analisa packet loss. Adapun hasilnya ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisa parameter packet loss

Paket data	Packet Loss	Index
1	0	4
2	0	4
3	0	4
4	0	4
5	0	4

Pada Tabel 10 di atas adalah hasil packet loss yang di analisa dengan menggunakan wireshark selama 30 detik. Hasil menunjukkan tidak ada paket yang hilang selama analisa dikarenakan bandwidth yang tersedia cukup dan tidak ada penumpukan paket yang berarti. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai packet loss WLAN FTI UKSW yaitu 0 %, dengan index 4 atau Sangat Memuaskan. Hasil dari packet loss ada pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Packet Loss

d. Throughput

Setelah packet loss didapatkan selanjutnya dianalisa throughput, sebagaimana hasilnya ditunjukkan pada Gambar 7.

Measurement	Captured	Displayed
Packets	4040	4040 (100.0%)
Time span, s	27.678	27.678
Average pps	146.0	146.0
Average packet size, B	233	233
Bytes	941169	941169 (100.0%)
Average bytes/s	34 k	34 k
Average bits/s	272 k	272 k

Gambar 7. Hasil Throughput

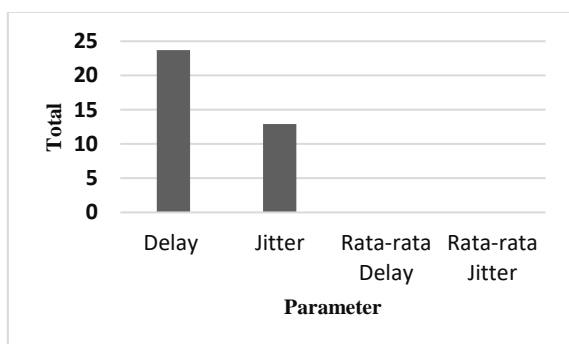
Pada Gambar 7 di atas adalah hasil throughput yang di analisa dengan menggunakan wireshark selama 30 detik. Berikut hasil pengukuran throughput beserta dengan hasil di bawah.

$$\begin{aligned}
 \text{Throughput} &= \frac{\text{Paket data yang diterima (kb)}}{\text{Lama pengamatan (s)}} \\
 &= \frac{941169 \text{ kb}}{27.678 \text{ s}} \\
 &= 34.004.22 \text{ kb/s} \times 8 \\
 &= 272 \text{ kb/s}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan pengukuran throughput di atas untuk paket data yang diterima sebesar 941169 kb lalu dibagi dengan lama pengamatan 27.678 s dan mendapat hasil 34.004.22 kb/s, kemudian $\times 8$ dan mendapatkan hasil sebesar 272 kb/s. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai rata-rata throughput WLAN FTI UKSW yaitu 100 %, dengan indeks 4 atau Sangat Memuaskan, karena statistics rata-rata bits/s antara captured dengan displayed sama.

3.4. Hasil Total Delay dan Jitter

Di bawah ini adalah hasil pengukuran total *delay* dan *jitter* dimana total *delay* yang telah di analisa selama 30 detik menggunakan *wireshark* menunjukkan hasil total *delay* sebesar 23.701949 m/s, dan rata-rata *delay* 0.005868272 m/s. Untuk hasil total *jitter* sebesar 12.924351 m/s, dan rata-rata *jitter* 0.003199889 m/s. Untuk tampilan dalam grafik dapat di lihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil total *delay* dan *jitter*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan Analisa *Quality of Service* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa setiap parameter kualitas jaringan mulai dari *Delay*, *Jitter*, *Packet loss*, dan *Throughput* mampu dalam menerapkan metode manajemen *bandwidth* HTB. Dengan adanya manajemen *bandwidth* ini *user* dapat merasakan kepuasan di dalam melakukan proses pertukaran data dan berbagi informasi untuk mendapatkan performa yang optimal. Sehingga dapat disimpulkan bahwa Analisa *Quality of Service* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* di Fakultas Teknologi Informasi Universitas Kristen Satya Wacana memiliki nilai yang Sangat Memuaskan dan tidak mengecewakan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Armanto and N. K. Daulay. 2020. "Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Di Universitas Bina Insan Lubuklinggau Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb)," *J. Digit. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, p. 8.
- [2] C. P. Antodi, A. B. Prasetijo, and E. D. Widiyanto. 2017. "Penerapan Quality of Service Pada Jaringan Internet Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 23.
- [3] M. Iqbal Ichwan, L. Sugiyanta, and P. Wibowo Yunanto. 2019. "Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22," *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 122–126.
- [4] M. R. Dirgantara, I. Asrowardi, and E. W. Kenali. 2019. "Perancangan Dan Implementasi Bandwidth Management Pesawaran," pp. 1–5.
- [5] A. Wahyu Azinar and R. Sapta Adi. 2017. "Analisis QoS (Quality of Service) pada Warnet dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket)," *J. Ilm. Nero*, vol. 3, no. 1, pp. 45–52.
- [6] S. Ahdan, O. Firmanto, and S. Ramadona. 2018. "Rancang Bangun dan Analisis QoS (Quality of Service) Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada RT/RW Net Perumahan Prasanti 2," *J. Teknoinfo*, vol. 12, no. 2, p. 49.
- [7] A. Diyantoro and H. Haekal. 2018. "Penerapan Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada,"
- [8] S. Budin and I. Riadi. 2019. "Traffic Shaping Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada Jaringan Nirkabel," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, p. 144.
- [9] Aprianto Budiman, M. Ficky Duskarnaen, and Hamidillah Ajie. 2020. "Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Smk Negeri 7 Jakarta," *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 32–36.
- [10] Y. A. Pranata, I. Fibriani, and S. B. Utomo. 2016. "Analisis Optimasi Kinerja Quality of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di Pt. Pln (Persero) Jember," *Sinergi*, vol. 20, no. 2, p. 149.
- [11] N. S. Abdullah, A. Fuad, and M. Jamil. 2019. "Penerapan Metode Simple Queue Pada Manajemen Bandwith untuk mengoptimalkan Bandwith Di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika," *JIKO (Jurnal Inform. dan Komputer)*, vol. 2, no. 1, pp. 6–13.
- [12] A. A. Zuqhra and N. R. Rosyid. 2021. "Implementasi dan Analisis Metode Hierarchical Token Bucket dan Per Connection Queue pada Jaringan Multi Protocol Label Switching Traffic Engineering untuk Layanan Voice over Internet Protocol," *J. Telekomun.*, vol. 4, pp. 465–477.
- [13] Sutarti, Siswanto, and A. Subandi. 2018. "Implementasi Dan Analisis QoS (Quality of Service) Pada VoIP (Voice Over Internet Protocol) Berbasis Linux," *J. PROSISKO*, vol. 5, no. 2, pp. 92–101.
- [14] G. Ardiansa and R. Primananda. 2017. "Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 11, p. 47.
- [15] I. Solikin. 2017. "Penerapan Metode PPDIOO Dalam Pengembangan LAN Dan WLAN," *Teknomatika*, vol. 07, no. 01, pp. 65–73.