

Analisis Performansi Bandwidth Quality Of Service (Qos) Dengan Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queue (Pcq) Pada Telkom University Landmark Tower (Tult)

1st Salsa Fauziyyah Fajrin
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

salsafauziyyahf@student.telkomuniversity.ac.id

2nd MT. Kurniawan
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

teguhkurniawan@telkomuniversity.ac.id

3rd Rd. Rohmat Saedudin
Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

rdrohmat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Gedung perkuliahan yang baru dari Telkom University bernama Telkom University Landmark Tower (TULT) memfasilitaskan layanan jaringan internet. Tetapi, untuk layanan jaringan internet yang diberikan masih belum maksimal karena terdapat kendala seperti putus koneksi, koneksi lambat, dan koneksi tidak stabil. Keadaan tersebut tidak terjadi kesemua pengguna yang mengakibatkan rasa ketidakadilan bagi sesama pengguna. Sehubungan dengan hal itu, diperlukannya manajemen bandwidth yang memakai metode Hierarchical Token Bucket (HTB) serta Per Connection Queue (PCQ). HTB merupakan sebuah mekanisme dimana bisa melakukan *cut* atau melakukan *limit* untuk *bandwidth* yang akan lewat. PCQ merupakan dimana kita dapat membagi *bandwidth* dengan rata untuk jumlah *traffic* yang bisa dipilah – pilah oleh *router* dan bekerja berdasarkan koneksi. Pemilihan kedua metode tersebut berdasarkan adanya perbedaan karakteristik dalam menjalankannya. Penelitian ini dilakukan melalui simulasi dan analisis terhadap parameter *Quality of Service (QoS)*. Hasil penelitian yang didapatkan berdasarkan dari standarisasi ITU-T menunjukkan bahwa, rata – rata nilai kedua metode memiliki indeks yang sama pada parameter *delay* berada pada indeks 4 dengan kategori sangat bagus dan *jitter* mendapat indeks 3 kategori bagus. Tetapi pada parameter *packet loss* metode HTB paling unggul yang berada pada indeks 4 kategori sangat bagus. Berdasarkan hasil simulasi maka metode HTB yang sesuai digunakan di gedung TULT.

Kata kunci— Manajemen Bandwidth, HTB, PCQ, QoS

I. PENDAHULUAN

Penggunaan teknologi saat ini sangat pesat, hampir seluruh bidang menggunakan teknologi dan menyesuaikan perkembangan. Salah satu bidang yang berkembang saat ini yaitu penggunaan jaringan komputer yang memperoleh perkembangan paling cepat. Jaringan komputer termasuk suatu sistem yang dapat menyambungkan komputer – komputer agar dapat bisa digunakan sebagai meningkatkan

sumber daya di dalam organisasi, melakukan komunikasi dan dapat mengakses dalam arus informasi yang semakin cepat [1].

Di tahun 2022 - 2023 pemakaian *internet* di Indonesia memperoleh 78,19% atau setara dengan 215.626.156 jiwa oleh semua populasi 275.773.901 jiwa penduduk yang ada di Indonesia [2]. Dapat dilihat bahwa semakin pesatnya perkembangan pada penggunaan teknologi di Indonesia sehingga menyebabkan peningkatan penggunaan *internet* tersebut.

Telkom University Landmark Tower (TULT) merupakan gedung baru dengan memiliki 20 lantai dan sebagai gedung perkuliahan yang tertinggi di Bandung. Gedung TULT memiliki konsep *go green* dan *smart building*, dengan memiliki 288 ruangan yang bakal digunakan sebagai tempat perkuliahan, fasilitas dalam aktivitas akademik, kegiatan penelitian, laboratorium, pusat penelitian, serta lain – lain [3]. Semua lantai yang ada untuk gedung TULT telah terhubung dari jaringan *internet* dan sebagai sarana yang sangat penting untuk mahasiswa serta dosen saat menyelenggarakan kegiatan pembelajaran. Dengan adanya kegiatan dalam pemakaian *internet* pada gedung TULT maka pemakaian *internet* lebih bertambah serta kebutuhan terhadap bandwidth pula lebih banyak dan mengakibatkan penggunaan *internet* menjadi lambat. Tidak hanya itu saja, juga terdapat beberapa permasalahan yang terjadi pada jaringan gedung TULT yang berdasarkan hasil survei yang diperoleh dari penyebaran kuesioner yaitu seperti terjadinya putus koneksi, WiFi yang lambat dan WiFi tidak stabil. Berdasarkan hal tersebut perlu adanya sebuah pengukuran performansi jaringan serta optimasi terhadap manajemen bandwidth, agar mendapatkan kualitas jaringan yang baik. Maka penulis melakukan penelitian analisis pada manajemen bandwidth untuk meningkatkan QoS di gedung TULT. Penelitian ini menggunakan dua metode manajemen bandwidth yaitu metode Hierarchical Token Bucket (HTB) serta Per Connection Queue (PCQ).

Pemilihan dua metode ini dikarenakan mempunyai karakteristik masing – masing yang dimana HTB melakukan pembagian bandwidth secara hierarki dan pembagian tersebut dibagi kedalam class agar dapat mempermudah dalam pengaturan bandwidth dan pada PCQ pembagian bandwidth dengan rata ke seluruh client yang aktif.

Dengan tujuan penelitian tersebut seperti supaya bisa mengetahui jaringan internet pada gedung TULT dan mengetahui analisis metode HTB dan PCQ dalam meningkatkan Quality of Service.

II. KAJIAN TEORI

A. Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan sebuah himpunan yang interkoneksi antar komputer agar bisa sama-sama untuk berganti data atau informasi oleh berbagai resource yang dimiliki. Di dalam sebuah jaringan komputer dikenal sebagai sistem koneksi antarnode [4].

B. Bandwidth

Bandwidth merupakan sebuah kumpulan dari sebuah data maupun informasi bisa dikirim oleh sebuah lokasi menuju lokasi berbeda di dalam suatu jaringan dalam durasi yang telah diatur. Manfaat *bandwidth* yaitu sebagai pemisah kecepatan dalam mentransfer sebuah data. Oleh karena itu, kecepatan pada sebuah data bisa dibagi secara menyeluruh untuk pemakai dan jika belum dibagi secara menyeluruh maka pengguna lainnya tidak mendapatkannya [5].

C. Quality of Service

Quality Of Service termasuk suatu metode yang dipakai

supaya menyelenggarakan sebuah manajemen *bandwidth*. Fungsinya supaya membagikan sebuah layanan yang optimal untuk setiap pemakai jaringan komputer dan QoS dapat menyediakan sebuah mutu layanan yang tidak sama sesuai dengan kebutuhan terhadap layanan yang ada di dalam jaringan [6].

D. Delay

Delay atau *latency* merupakan sebuah waktu yang diinginkan dalam mengirim paket oleh sebuah komputer menuju komputer lainnya. *Delay* pada suatu jaringan komputer yang dikarenakan oleh diperolehnya sebuah antrian panjang atau memilih rute berbeda dengan menjauhi kemacetan untuk sebuah *routing* [6][7]. Tabel 2.1 merupakan standar ITU-T terkait nilai dari QoS dengan parameter *delay*(ITU-T).

TABEL II.1
Delay

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 - 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

E. Throughput

Throughput termasuk sebuah parameter dalam proses pengukuran kecepatan dalam data yang terkirim melalui sebuah jaringan komputer [8].

F. Packet Loss

Packet Loss termasuk sebuah alat ukur parameter yang memaparkan total dari total paket yang tidak ditemukan atau kegagalan dari pengiriman paket data yang tidak sesuai dengan tujuan. Kegagalan dalam pengiriman itu terjadi dikarenakan pada proses penerimaan atau overload yang ada

didalam sebuah jaringan atau terjadinya sebuah eror pada data transmisi, pada jaringan wireless ataupun karena terjadinya sebuah network congestion [9]. Tabel II.2 merupakan standar dari ITU-T mengenai nilai QoS dengan parameter *packet loss*.

TABEL II.2
Packet Loss

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	1-3%	3
Sedang	3-15%	2
Jelek	15-25%	1

G. Jitter

Jitter termasuk suatu variasi oleh delay. Nilai yang diperoleh untuk jitter dampak dari variasi pada beban traffic serta tumbukan yang terjadi antara paket yang ada di dalam sebuah jaringan IP. Makin banyak nya traffic yang ada pada sebuah jaringan, maka bakal makin besar peluang terjadinya congestion yang dapat mempengaruhi nilai yang ada pada jitter. Jika nilai yang terdapat pada jitter semakin besar, maka nilai pada kualitas dari QoS bakal mengalami penurunan. Untuk mendapat nilai dari QoS jaringan menjadi baik, sehingga nilai yang ada pada jitter mesti dapat dirawat sebaik mungkin [10]. Tabel II.3

merupakan standar ITU-T terkait nilai QoS dengan parameter *jitter*.

TABEL II.2
Jitter

Kategori	Delay	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0-75 ms	3
Sedang	75-125 ms	2
Jelek	125-255	1

H. Hierarchical Token Bucket

HTB termasuk sebuah metode antrian yang berguna untuk mengaplikasikan fungsi dari link sharing bagi semua client. Keunggulan HTB seperti memperoleh suatu parameter ceil yang fungsinya dapat menyusun bandwidth pemakai di antara base rate serta nilai ceil rate-nya [11].

I. Per Connection Queue

Per Connection Queue (PCQ) termasuk sebuah logika yang menyatukan satu substream dan saat client nya bertambah sehingga bakal menambah substream yang lain nya. Berikutnya antrian tersebut dapat disusun dari PCQ melalui menyelenggarakan limit bandwidth kepada semua pemakainya. Bandwidth nantinya dipisahkan sama pada client aktif, PCQ juga dapat menetapkan batasan terhadap kecepatan untuk sub-stream [12].

J. Mikrotik

Mikrotik adalah perusahaan yang menghasilkan sebuah perangkat keras jaringan, namun juga menyediakan perangkat lunak yaitu RouterOS. Serta *operating system* yang dibikin khusus sebagai network router. Penggunaan *personal computer* sangat dibutuhkan

karna digunakan sebagai network router dalam menyambungkan mikrotik RouterOS.

K. User Datagram Protocol

UDP termasuk jenis oleh protokol internet. Melalui UDP aplikasi pada komputer dapat berjalan dengan mengirimkan pesan ke komputer berbeda dalam jaringan yang lain tanpa mesti menyelenggarakan komunikasi semula.

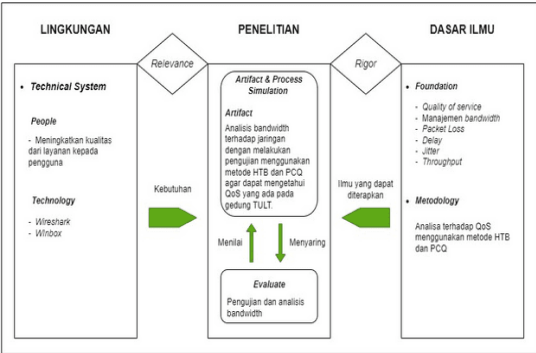
L. Wireshark

Wireshark adalah perangkat lunak *open-source* yang digunakan dalam memecahkan masalah lalu lintas jaringan dan bekerja menangkap paket jaringan yang memberi informasi terhadap paket jaringan yang telah ditangkap.

III. METODE

A. Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan sebuah narasi mengenai kerangka konsep dalam melakukan pemecahan masalah yang telah diidentifikasi serta dapat memilih secara jelas dan validitas terhadap proses penelitian keseluruhannya.

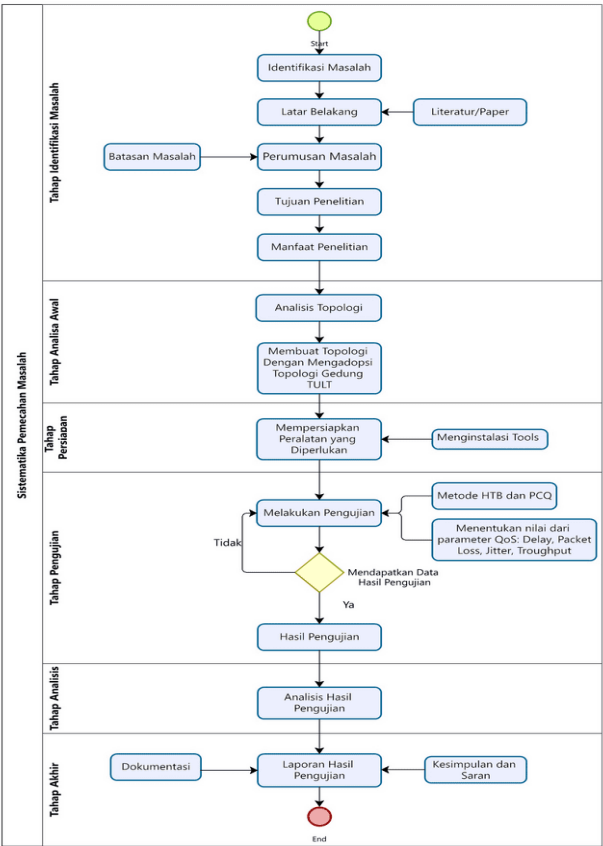


GAMBAR III.1
Kerangka Berpikir

Pada Gambar III.1 menjelaskan keterkaitan dengan aspek – aspek dari penelitian ini. Agar dapat mempermudahdalam proses penelitian.

B. Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penelitian terbagi atas beragam prosedur yang diselenggarakan sepanjang mengerjakan penelitian yang bersifat terstruktur serta sistematis, yang mana diawali oleh tahap mulanya yaitu identifikasi masalah dan berakhir di laporan hasil penelitian.



GAMBAR III.2
Sistematika Penyelesaian Masalah

Pada gambar III.2 menunjukkan terkait langkah dari tahapan penelitian dalam melakukan sebuah perbandingan pada manajemen *bandwidth*.

IV. PERANCANGAN DAN PENGUJIAN

A. Instrument Fisik

Tabel 4.1 menjelaskan mengenai instrument fisik yang digunakan dalam melakukan pengujian. Berikut tabel yang berisikan informasi terkait instrument fisik atau perangkat keras yang digunakan.

Tabel IV.1 Instrumen Fisik

Nama Perangkat	Spesifikasi	
Router Mikrotik	Operating System	Router OS
	Storage	16 MB
	Memory	32 MB
	Adapter	4 Ethernet Port
PC 1/Client 1 – R1	Processor	AMD Ryzen 7 5800H
	Operating System	Windows 11 Home 64-bit
	Memory	16 GB
	Storage	SSD 500 GB
	Adapter	1 Ethernet Port
	System Type	64-bit operating system
PC 2/Client 2 – R1	Processor	Intel Core I7-9750H
	Operating System	Windows 10 Pro
	Memory	16 GB

TABEL IV.3
IP Address

No	Perangkat	Ethernet	IP Address	IP Gateway
1.	Router Utama	Ethernet 1	DHCP Client	DHCP Client
		Ethernet 2	192.100.1.1	-
		Ethernet 3	192.100.2.1	-
		Ethernet 4	192.100.3.1	-
2.	Router 1	Ethernet 1	192.100.1.2	192.100.1.1
		Ethernet 2	192.101.1.1	-
		Ethernet 3	192.101.2.1	-
3.	Router 2	Ethernet 1	192.100.2.2	192.100.2.1
		Ethernet 2	192.102.1.1	-
		Ethernet 3	192.102.2.1	-
4.	Router 3	Ethernet 1	192.100.3.2	192.100.3.1
		Ethernet 2	192.103.1.1	-
		Ethernet 3	192.103.1.1	-
5.	PC/Client 1	Ethernet	192.101.1.2	192.101.1.1
6.	PC/Client 2	Ethernet	192.101.2.2	192.101.2.1
7.	PC/Client 3	Ethernet	192.102.1.2	192.102.1.1
8.	PC/Client 4	Ethernet	192.102.2.2	192.102.2.1
9.	PC/Client 5	Ethernet	192.103.1.2	192.103.1.1
10.	PC/Client 6	Ethernet	192.103.2.2	192.103.2.1

Interface	Type	Rate	Limit	Queue
Total Download HTB	global	30M		
Download HTB E2	Total Download	PM-Do	5M	10M
Download HTB E3	Total Download	PM-Do	5M	10M
Download HTB E4	Total Download	PM-Do	5M	10M
Total Up HTB	global	10M		
Upload HTB E2	Total Upload	PM-Up	5M	10M
Upload HTB E3	Total Upload	PM-Up	5M	10M
Upload HTB E4	Total Upload	PM-Up	5M	10M

GAMBAR IV.4
Hasil Konfigurasi HTB

Gambar IV.4 merupakan hasil dari konfigurasi queue tree HTB yang telah dilakukan.

E. Konfigurasi Connection Queue

Action	Chain	Src. Address	Port	Dest. Port	Src. Port	Dest. Port	Src. Address	Port	Dest. Address	Port
PCQ-DL	forward	192.100.3.0/24					192.100.3.0/24			
PCQ-DL	forward	192.100.2.0/24					192.100.2.0/24			
PCQ-DL	forward	192.100.1.0/24					192.100.1.0/24			

GAMBAR IV.5
Mangle PCQ

Pada gambar IV.5 merupakan hasil konfigurasi dari *mangle* dengan membuat *mangle download* dan *mangle upload*. Penggunaan *mangle* agar dapat membatasi *bandwidth* serta menandai paket yang hendak melewati *router*. Selanjutnya, membuat queue type PCQ.

D. Konfigurasi Hierarchical Token Bucket

Membuat konfigurasi *mangle* untuk melakukan pengimplementasian metode Hierarchical Token Bucket.

Action	Chain	Src. Address	Port	Dest. Port	Src. Port	Dest. Port	Src. Address	Port	Dest. Address	Port
HTB-Download	forward	192.100.3.0/24					192.100.3.0/24			
HTB-Download	forward	192.100.2.0/24					192.100.2.0/24			
HTB-Download	forward	192.100.1.0/24					192.100.1.0/24			

GAMBAR IV.2 Mangle HTB

Pada gambar IV.2 merupakan hasil konfigurasi *mangle* dengan membuat *mangle download* dan *mangle upload*. Selanjutnya, membuat queue tree.

Name	Parent	Queue Type	Priority	Limit At	Max Limit	Burst Limit	Burst Threshold
Total Download HTB	global	default-small	0	0	30M	0	0
Download HTB E2	Total Download HTB	default-small	0	0	5M	0	0
Download HTB E3	Total Download HTB	default-small	0	0	5M	0	0
Download HTB E4	Total Download HTB	default-small	0	0	5M	0	0

Gambar IV.3
Queue Tree

Type Name	Kind	Rate	Queue Size	Total Queue Size	Burst Rate	Burst Threshold	Burst Time	Classifier	Src. Address	Port	Dest. Address	Port
Download PCQ	pcq	0	50	2000	0	0	00:00:10	Src. Address	32		32	
Upload PCQ	pcq	0	50	2000	0	0	00:00:10	Src. Address	32		32	

GAMBAR IV.6
Queue Type PCQ

Gambar IV.6 ini menunjukkan *queue type PCQ* yaitu membuat *upload* dan *download* serta mengelompokkan sesuai dengan *classifier* nya.

Type Name	Kind	Rate	Queue Size	Total Queue Size	Burst Rate	Burst Threshold	Burst Time	Classifier	Src. Address	Port	Dest. Address	Port
Total Download PCQ	global	30M	50	2000	0	0	00:00:10	Src. Address	32		32	
Down PCQ2	Total Download PCQ	PM-Do	5M	10M	110	0	0	44.0	0	0	44.0	0
Down PCQ4	Total Download PCQ	PM-Do	5M	10M	110	0	0	44.0	0	0	44.0	0
Total Up PCQ	global	10M	50	2000	0	0	00:00:10	Src. Address	32		32	
Up PCQ2	Total Upload PCQ	PM-Up	5M	10M	110	0	0	44.0	0	0	44.0	0
Up PCQ4	Total Upload PCQ	PM-Up	5M	10M	110	0	0	44.0	0	0	44.0	0

GAMBAR IV.7

Hasil Konfigurasi PCQ Gambar IV.7 merupakan hasil konfigurasi dari PCQ pada router utama ke setiap port ethernet.

F. Hasil Eksisting

Berikut hasil dari pengujian eksisting yang terdiri dari 2 sesi dengan menggunakan perhitungan QoS parameter pada *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay* dan *Jitter* di gedung TULT lantai 4, lantai 8, lantai 9 dan lantai 18:

TABEL IV.4
Sesi 1

Lantai	Parameter	Nilai	Indeks
Lantai 4	Throughput	2715K	
	Packet Loss	7,80%	2
	Delay	2,52%	4
	Jitter	3,19%	3
Lantai 8	Throughput	4446K	
	Packet Loss	20,92%	1
	Delay	2,47%	4
	Jitter	3,18%	3
Lantai 9	Throughput	1119K	
	Packet Loss	88,79%	0
	Delay	22,73%	4
	Jitter	41,12%	3
Lantai 18	Throughput	3325K	
	Packet Loss	4,10%	2
	Delay	2,21%	4
	Jitter	2,84%	3

TABEL IV.5
Sesi 2

Lantai	Parameter	Nilai	Indeks
Lantai 4	Throughput	2885K	
	Packet Loss	28,60%	0
	Delay	2,71%	4
	Jitter	3,61%	3
Lantai 8	Throughput	9199K	
	Packet Loss	18,90%	1
	Delay	2,51%	4
	Jitter	3,23%	3
Lantai 9	Throughput	982K	
	Packet Loss	38,76%	0
	Delay	5,55%	4
	Jitter	6,96%	3
Lantai 18	Throughput	2236K	
	Packet Loss	24,89%	1
	Delay	3,06%	4
	Jitter	3,89%	3

Hasil dari tabel IV.4 dan IV.5 menunjukkan bahwa kualitas dari jaringan gedung TULT kurang optimal dikarenakan packet loss yang tinggi. Hal tersebut disebabkan tingginya penggunaan internet yang secara bersamaan dan melebihi kapasitas bandwidth yang telah ditetapkan.

V. IMPLEMENTASI DAN HASIL

A. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dalam analisis pengukuran performa jaringan QoS dengan menggunakan metode HTB dan PCQ. Pengamatan dilakukan menggunakan aplikasi *wireshark*. Selanjutnya, saat menjalankan simulasi dengan melakukan penerapan terkait metode dari manajemen *bandwidth* yang

ada pada *router gateway*. Lalu ketika metode HTB dan PCQ telah diterapkan kemudian seluruh *client* yang sudah terhubung melakukan akses *youtube* dan *google meet* di *google chrome*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui aktifitas dalam menggunakan jaringan di gedung TULT. Proses simulasi ini dilaksanakan dengan durasi waktu kurang lebih selama 1 jam untuk mendeteksi data yang ditangkap melalui *wireshark*.

TABEL V.1
Hasil HTB dan PCQ

Router	HTB				PCQ			
	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter
Router 1	3152k bit/s	0,50%	2,23 ms	2,86 ms	3052k bit/s	1,13%	2,12 ms	2,86 ms
Router 2	3469k bit/s	0,63%	2,03 ms	2,48 ms	3079k bit/s	1,76%	2,24 ms	2,76 ms
Router 3	2432k bit/s	0,75%	2,53 ms	3,07 ms	1867k bit/s	0,38%	3,38 ms	4,03 ms
Rata – Rata Indeks		4	4	3	Rata – Rata Indeks		3	4
Kategori		Sangat Bagus	Sangat Bagus	Bagus	Kategori		Bagus	Sangat Bagus

Tabel V.1 menunjukkan hasil terkait melakukan perhitungan pada parameter QoS yang menggunakan penerapan manajemen bandwidth metode HTB dan metode PCQ. Dapat dilihat hasil dari kedua metode ini mempunyai hasil kinerja yang memuaskan. Serta hasil perhitungan yang didapatkan oleh setiap parameter QoS berdasarkan dari standar ITU-T. Pada parameter *packet loss*, nilai dari rata – rata indeks yang di dapatkan dengan menggunakan metode HTB adalah indeks 4 yang tergolong kategori sangat bagus yang memiliki rentang nilai 0 – 1%, sedangkan untuk hasil rata – rata indeks *packet loss* dengan penerapan metode PCQ mendapatkan indeks 3 yang tergolong kategori bagus dengan rentang nilai yang didapatkan 1 – 3%. Dan berikutnya hasil rata – rata indeks pada *delay* yang di dapatkan dari metode HTB dan PCQ adalah indeks 4 dengan kategori sangat bagus rentang nilai < 150ms. Yang terakhir pada hasil rata – rata indeks *jitter* yang didapatkan dari kedua metode yaitu indeks 3 tergolong kategori bagus rentang nilai 0 – 75ms.

Jadi hasil dari performa kedua metode yang diterapkan mendapatkan kinerja yang sama – sama bagus, serta dari kedua metode tersebut memiliki kelebihan masing – masing. Dan tetapi, untuk hasil perhitungan dari pengukuran parameter QoS yang didapatkan dari perbandingan HTB dan PCQ, metode HTB lah yang lebih unggul dibandingkan dengan metode PCQ. metode PCQ melakukan pembagian bandwidth dengan cara membagi sama rata pada masing – masing client yang sedang aktif pada jaringan. Sedangkan metode HTB melakukan pembagian dengan cara membagikan bandwidth secara merata.

VI. KESIMPULAN

Sesuai hasil penelitian tersebut, sehingga bisa disimpulkan:

- Hasil dari perhitungan parameter *Quality of Service* pada kondisi eksisting di gedung TULT dan berdasarkan standarisasi ITU-T mendapatkan bahwa nilai dari parameter *delay* dan *jitter* memperoleh hasil dengan kategori bagus, tetapi lain hal nya yang didapatkan oleh parameter *packet loss* yang mendapatkan hasil dengan kategori jelek. Hal tersebut dapat juga dilihat dari hasil koefisien yang menyatakan bahwa masih terdapat yang mengalami internet yang tidak stabil, merasakan putus

koneksi dan terjadinya koneksi internet menjadi *delay*. Maka dengan demikian bahwa *Quality of Service* di gedung TULT masi kurang maksimal dalam memberi layanan terhadap kebutuhan penggunaan internet pada gedung Telkom University Landmark Tower.

2. Perbandingan dari metode Hierarchical Token Bucket serta Per Connection Queuing didapatkan bahwa, untuk metode HTB bekerja dengan cara membagi bandwidth secara antrian dan sedangkan metode PCQ bekerja dengan cara memisahkan bandwidth dengan merata ke semua *client* yang aktif untuk jaringan, hal tersebut dapat dilihat dari hasil parameter *packet loss* yang lebih unggul.

REFERENSI

- [1] "ITU-T End-user multimedia QoS categories," 2001.
- [2] A. Z. Fadilah, "ANALISIS SIMULASI MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET (HTB) UNTUK MENINGKATKAN QUALITY OF SERVICE (QOS)," *Open Library*, 2021.
- [3] APJII, "Survei APJII Pengguna Internet di Indonesia Tembus 215 Juta Orang," 10 Maret 2023. [Online]. Available: <https://apjii.or.id/berita/d/survei-apjii-pengguna-internet-di-indonesia-tembus-215-juta-orang>.
- [4] B. E. Yantika, "IMPLEMENTASI DAN ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI ROUTING PROTOCOL EIGRP, IS-IS, DAN OSPFv3 PADA IPV6 UNTUK LAYANAN TRIPLE PLAY," *Open Library*, 2020.
- [5] B. Hadiprasetyo, "ANALISIS PERFORMANSI JARINGAN IP DENGAN IPSEC VPN TUNNEL TERHADAP SERANGAN," *Open Library*, pp. 1-17, 2020.
- [6] L. A. R. S. Putra, "DESAIN DAN ANALISIS MEKANISME BACKUP DAN RESTORE PADA KUBERNETES UNTUK LAYANAN CMS BERDASARKAN ASPEK PERFORMA JARINGAN," *Open Library*, 2020.
- [7] M. Purwahid and J. Triloka, "Analisis Quality of Service (QOS) Jaringan Internet Untuk Mendukung Rencana Strategis Infrastruktur Jaringan Komputer Di SMK N I Sukadana," *Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi*, 2019.
- [8] M. Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*, Yogyakarta, 2005, pp. 1-4.
- [9] M. Ulfah, "Gedung 20 Lantai Milik YPT Memasuki Proses Topping Off," Agustus 2020. [Online]. Available: <https://ypt.or.id/gedung-20-lantai-milik-ypt-memasuki-proses-topping-off/>.
- [10] M. Y. Simargolang, A. Widarma and M. D. Irawan, *Jaringan Komputer*, Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [11] S. A. Sutarman, "ANALISIS SIMULASI BANDWIDTH DENGAN MENGGUNAKAN METODE PCQ (PER CONNECTION QUEUEING) UNTUK MENINGKATKAN QoS (QUALITY OF SERVICE)," *Open Library*, p. 2021.
- [12] T. Octavianto and I. A. Sobari, "Pemanfaatan Hierachical Token Bucket Dalam Konsep Jaringan Untuk PengoptimalanBandwidth," *JOURNAL OF INFORMATION AND TECHNOLOGY UNIMOR (JITU)*, 2021.