

Analisis Perbandingan Metode Per Connection Queue (PCQ) dengan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dalam Manajemen Bandwidth pada Router Mikrotik

M Ariq Firjatulah¹, Indrawati², Hari Toha Hidayat³

^{1,3} Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹ariqaceh.maf@gmail.com

²indrawati@pnl.ac.id

³haritoha@pnl.ac.id

Abstrak— Salah satu masalah umum yang dihadapi oleh pengguna *internet* adalah kecepatan akses *internet* yang lambat. Permasalahan ini umumnya disebabkan oleh kurangnya sistem manajemen *bandwidth* yang efektif. Prinsip dasar dari manajemen *bandwidth* adalah mengatur pembagian lalu lintas *internet* secara seimbang. Tanpa pengendalian yang tepat, satu atau beberapa pengguna dapat menggunakan *bandwidth* secara berlebihan. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan penerapan manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode antrian paket data. Dalam hal ini, metode Per Connection Queue dan *Hierarchical Token Bucket* telah dianggap sebagai metode yang efektif. Namun, belum ada kesepakatan tentang metode mana yang terbaik di antara keduanya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk membandingkan kualitas jaringan yang diterapkan menggunakan metode Per Connection Queue dan *Hierarchical Token Bucket*. Data penelitian ini dikumpulkan melalui pengujian pada jaringan lokal, dan kemudian dianalisis menggunakan QoS. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* lebih unggul kualitasnya daripada metode Per Connection Queue.

Kata kunci— *Hierarchical Token Bucket (HTB)*, Manajemen Bandwidth, Per Connection Queue (PCQ), Mikrotik

Abstract— One of the common problems faced by internet users is slow internet access speeds. This problem is usually caused by a lack of effective bandwidth management systems. The basic principle of bandwidth management is to regulate the distribution of internet traffic evenly. Without proper control, one or several users can consume excessive bandwidth. To address this issue, it is necessary to implement bandwidth management using packet queuing methods. In this case, the Per Connection Queue and Hierarchical Token Bucket methods are considered effective. However, there is no consensus on which method is the best between the two. Therefore, research is needed to compare the network quality implemented using both methods. This study aims to assess the network quality applied using the Per Connection Queue and Hierarchical Token Bucket methods. The research data was collected through testing on a local network, and then analyzed using QoS. The results show that the implementation of the Hierarchical Token Bucket method is superior in quality compared to the Per Connection Queue method.

Keywords— *Hierarchical Token Bucket (HTB)*, Bandwidth Management, Per Connection Queue (PCQ), Mikrotik

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi komputer meningkat dengan cepat, sejalan dengan kemajuan jaringan, khususnya *internet*. Kenaikan jumlah pengguna *internet* membuat lalu lintas jaringan semakin rumit dan memerlukan pengaturan *bandwidth*. Namun, dengan biaya *bandwidth* yang tinggi, operator sering membatasi alokasinya. Hal ini menimbulkan kesulitan bagi pengguna dalam mengakses informasi *online* karena keterbatasan *bandwidth*[1].

Ada berbagai metode antrian paket yang digunakan untuk meningkatkan performa jaringan, termasuk PCQ, SFQ, HTB, RED, dan FIFO. Berkaitan dengan metode HTB, sebuah studi telah dilakukan mengenai penerapan *Hierarchical Token Bucket* dalam jaringan *internet*. Skenario yang dijalankan adalah dengan membatasi *bandwidth* masing-masing pengguna, yaitu 512Kbit untuk pengguna pertama dan 256Kbit untuk pengguna kedua. Walaupun hasil penelitian menunjukkan bahwa ada penurunan performa jaringan karena

kapasitas *bandwidth* yang rendah dan perlambatan dalam pengiriman paket, tetapi terjadi peningkatan signifikan dalam ketepatan data. Hal ini terbukti dengan penurunan *packet lost* hingga 80% atau bahkan lebih[1].

Selain itu, terdapat penelitian yang ditujukan sebagai analisa perbandingan QoS pada performa video *streaming* dengan metode PCQ dan HTB pada jaringan *wireless* menggunakan *router* mikrotik. Pada penelitian tersebut pengujian hanya melakukan *streaming* sebagai sumber data. Hasil dari penelitian ini dengan nilai rata-rata *throughput* metode HTB 5009 Kbit sedangkan metode PCQ 5107 Kbit, dan *delay* metode HTB 331,2 ms sedangkan PCQ 331,65 ms[2].

Banyak informasi yang diperoleh dari berbagai referensi, metode Per Connection Queue dan *Hierarchical Token Bucket* termasuk metode yang baik. Akan tetapi, belum diketahui yang terbaik diantara keduanya. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui perbandingan kualitas jaringan dengan menggunakan dua metode tersebut. Metode Per Connection Queue memungkinkan untuk mengoptimalkan

dan mendistribusikan *bandwidth* dengan merata di setiap jaringan yang ada[3], Sementara itu, metode *Hierarchical Token Bucket* memungkinkan pembatasan lalu lintas di setiap tingkatan atau kategori, sehingga *bandwidth* yang tidak digunakan oleh tingkatan atas dapat dialokasikan ke tingkatan yang lebih bawah[4].

Berdasarkan penelitian tersebut akan dilakukan penelitian untuk mengetahui tentang perbandingan kualitas jaringan menggunakan metode PCQ dengan HTB. Dengan judul “Analisis Perbandingan Metode Per Connection Queue (PCQ) Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) Dalam Manajemen *Bandwidth* Pada Router Mikrotik”.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan Analisis Perbandingan Metode *Per Connection Queue* dengan metode *Hierarchical Token Bucket* dalam manajemen *Bandwidth* pada Router Mikrotik. Metode *Per Connection Queue* akan menghindari kemacetan jaringan dengan mengontrol nilai rata-rata antrian. Disisi lain metode *Hierarchical Token Bucket* memberikan fasilitas pembatasan *traffic* pada setiap *level* maupun klasifikasi sehingga *Bandwidth* yang tidak terpakai di *level* tertinggi dapat digunakan oleh *level* yang lebih rendah. Jenis penelitian yang digunakan berupa kuantitatif, data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa nilai parameter dalam *standart* QoS yang sesuai dengan ketentuan dari TIPHON. Data tersebut dapat diperoleh dengan melakukan uji coba dengan *Download*, *Upload*, dan *Streaming* sebagai data sampel pengujian.

A. Kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras (*Hardware dan Software*)

Untuk mengimplementasikan metode HTB dan PCQ dalam jaringan, maka diperlukan beberapa *hardware* dan *software* untuk mendukung kinerja sistem. Adapun kebutuhan *hardware* dan *software* untuk mendukung dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

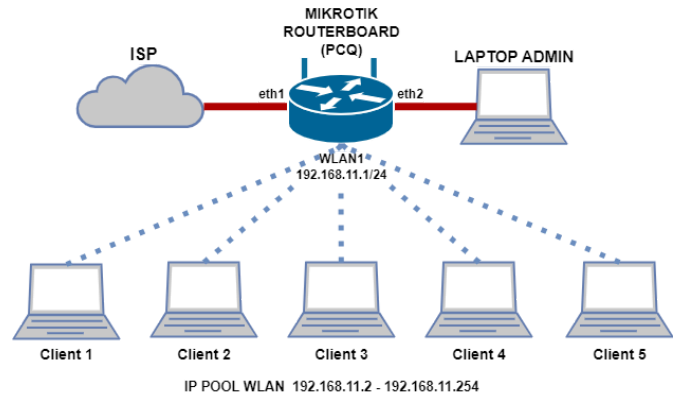
TABEL I
KEBUTUHAN *HARDWARE* DAN *SOFTWARE*

N O	Komponen	Fungsi
1	Routerboard Mikrotik RB-942-2nd	Sebagai penghubung antar jaringan.
2	Kabel UTP	Sebagai penghubung antar perangkat.
3	Laptop	Sebagai <i>client</i> .
4	Wireshark	Untuk melakukan <i>monitoring</i> performa jaringan.
5	Winbox	Untuk konfigurasi Mikrotik.

B. Perancangan Topologi Penelitian

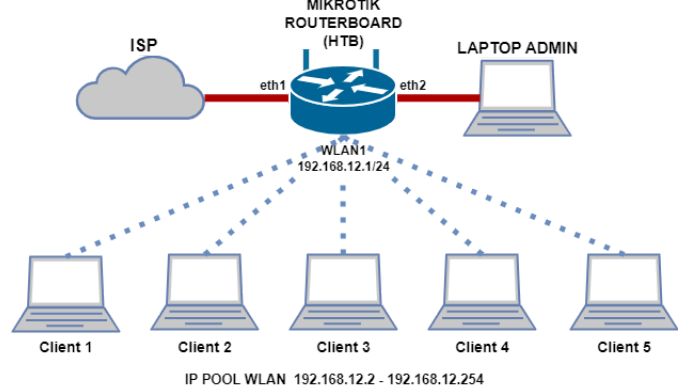
Pada tahapan ini membahas tentang penerapan metode PCQ dan HTB serta pada sistem yang akan dibangun dengan penjabaran topologi jaringan. Topologi ini adalah sebuah bentuk dari Topologi Bintang (*Star Topology*) dimana semua perangkat terhubung ke sebuah pusat komunikasi yaitu *router*

MikroTik. Pusat komunikasi tersebut bertindak sebagai penerusan untuk menghubungkan semua perangkat. Topologi penerapan metode PCQ dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Topologi Penerapan Metode PCQ

Adapun rancangan topologi untuk metode HTB dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



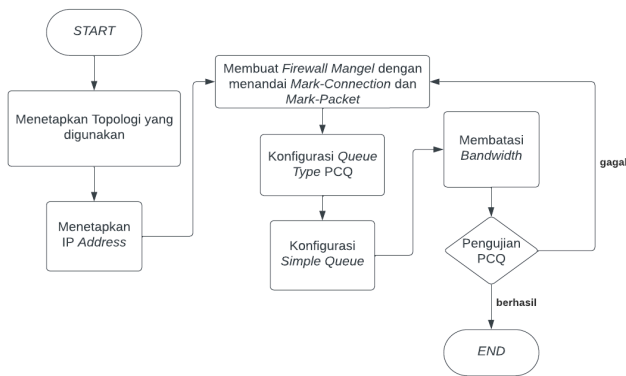
Gambar 2. Topologi Penerapan Metode HTB

Dalam gambar 1 dan gambar 2 menunjukkan bahwa metode PCQ dan HTB diimplementasikan pada jaringan lokal dengan menggunakan Routerboard Mikrotik. Jaringan lokal tersebut mempunyai IP pool yang nantinya akan diberikan kepada user menggunakan fitur *wlan*. Sistem kerja jaringan ini, setelah menerapkan fitur *wlan* dan metode antrian PCQ dan HTB pada jaringan lokal kemudian dilakukan *Download*, *Upload* dan *Streaming* sebagai sampel pengujian. Setelah itu dilakukan pencatatan sesuai dengan parameter QoS melalui tool jaringan yaitu Wireshark.

Penetapan alamat IP juga perlu dilakukan untuk masing-masing perangkat yang bertujuan sebagai penghubung antar *interface*. Untuk alamat IP *client* menggunakan DHCP pada fitur *wlan* sehingga alamat IP *client* akan di-request secara otomatis dan tidak perlu konfigurasi IP.

C. Flowchart Konfigurasi Metode

Tahap ini dilakukan konfigurasi dari metode yang di implementasi pada jaringan yang telah digambarkan melalui *flowchart*, dan dapat dilihat pada gambar 3 berikut.

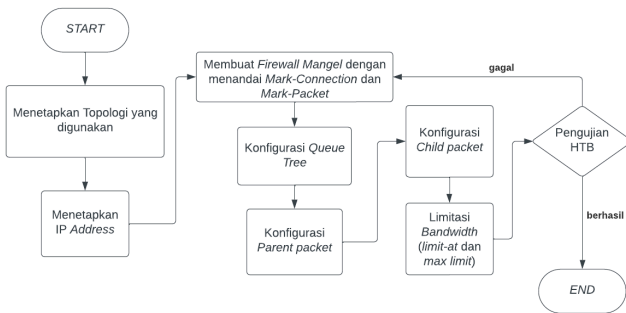


Gambar 3. Flowchart Konfigurasi PCQ

Dalam gambar 3 menunjukkan bahwa pada awal setiap prosedur jaringan, titik awal adalah inisialisasi dan persiapan untuk langkah-langkah yang akan datang. Setelah itu, penting untuk menentukan desain fisik dan logis jaringan melalui topologi. Topologi menunjukkan bagaimana komponen jaringan seperti komputer, dan *router* saling terhubung. Setelah topologi ditetapkan, langkah berikutnya adalah memberikan alamat IP kepada setiap perangkat di jaringan.

Kemudian, menggunakan fitur "mangel" di MikroTik untuk mengklasifikasikan dan menandai lalu lintas. Ini memungkinkan identifikasi dan prioritasasi lalu lintas nantinya. Namun, untuk konfigurasi lebih lanjut, MikroTik menyediakan *Simple Queue*, di mana fitur tersebut dapat menentukan limitasi *bandwidth*. Setelah semua konfigurasi dilakukan, sangat penting untuk melakukan pengujian. Jika ada masalah, proses perlu kembali ke tahap sebelumnya untuk perbaikan. Namun, jika semuanya berfungsi dengan baik, proses tersebut dianggap selesai.

Adapun *flowchart* metode HTB yang digunakan pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Flowchart Konfigurasi HTB

Dalam gambar 4 menunjukkan bahwa proses konfigurasi jaringan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dimulai dengan langkah "Start". Selanjutnya, perangkat keras yang digunakan diatur sesuai dengan topologi yang telah ditentukan. Setelah struktur dasar jaringan dibentuk, alamat IP ditetapkan kepada masing-masing perangkat. Langkah selanjutnya adalah konfigurasi *firewall* dengan "mangel" untuk mengklasifikasikan dan menandai lalu lintas melalui "mark connection" dan "mark packet". Kemudian konfigurasi "queue tree", dan menetapkan "parent packet" yang mewakili total *bandwidth* jaringan utama. "Child packet" kemudian dikonfigurasi di bawah "parent packet", yang berguna sebagai alokasi sumber daya yang lebih spesifik untuk jenis lalu lintas atau perangkat tertentu.

Kemudian proses limitasi *bandwidth*, yaitu menentukan "limit at" (garansi minimal *bandwidth*) dan "max limit" (batas maksimal *bandwidth*) untuk setiap kategori lalu lintas. Proses tersebut memastikan bahwa lalu lintas dijaga dalam batas yang diinginkan.

Setelah semua konfigurasi, langkah selanjutnya adalah pengujian keberhasilan HTB. Jika hasil pengujian menunjukkan kesalahan atau kekurangan dalam konfigurasi, proses akan kembali ke langkah konfigurasi *firewall* untuk penyesuaian atau perbaikan. Namun, jika semuanya berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, proses bergerak maju ke langkah "End", menandai selesainya prosedur

D. Skenario Pengujian

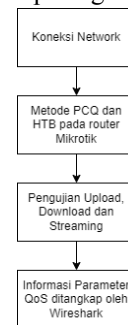
Pengujian dan analisa *Quality of Service* pada metode PCQ dan HTB memerlukan beberapa skenario percobaan untuk mendapatkan nilai yang akurat. Skenario yang dibuat akan dilakukan untuk menguji mekanisme antrian paket dari masing-masing metode menggunakan 5 pengguna dan masing-masing pengguna mendapatkan *bandwidth* secara merata. Pengujian skenario melakukan kegiatan *download* dan *upload* data masing-masing sebesar 50 mb dan *streaming youtube* selama kurang lebih 15 menit untuk setiap percobaan. Skenario pengujian dapat dilihat pada table 2 berikut.

TABEL II
SKENARIO PENGUJIAN

N O	Pengujian	Client	Kegiatan	Ukuran Data
1	Pengujian 1	client 1	Download	50 MB
2	Pengujian 2	client 1 client 2	Streaming Upload	15 MENIT 50 MB
3	Pengujian 3	client 1 client 2 client 3	Download Upload Streaming	50 MB 50 MB 15 MENIT
4	Pengujian 4	client 1 client 2 client 3 client 4	Download Download Upload Upload	50 MB 50 MB 50 MB 50 MB
5	Pengujian 5	client 1 client 2 client 3 client 4 client 5	Streaming Streaming Streaming Download Upload	15 MENIT 15 MENIT 15 MENIT 50 MB 50 MB

E. Alur Pengujian Sistem

Adapun pengujian sistem secara keseluruhan pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



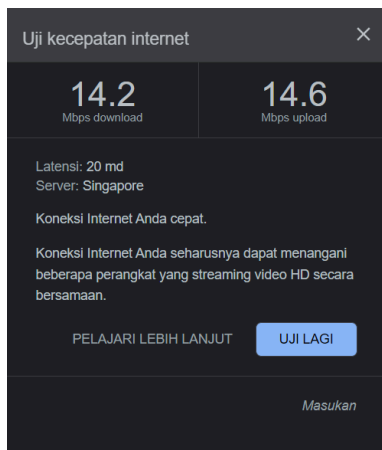
Gambar 5. Alur Pengujian Sistem

Dalam gambar 5 menunjukkan bahwa tahap pertama dalam melakukan pengujian *system* yaitu mengidentifikasi masalah yang akan diselesaikan, kemudian memenuhi kebutuhan perancangan baik dari *Hardware*, *Software*. Selanjutnya melakukan perancangan Topologi sebagai peta dari penelitian. Setelah itu, melakukan konfigurasi Metode PCQ dan HTB pada masing-masing *Routerboard* Mikrotik. Setelah selesai melakukan konfigurasi dilanjutkan dengan pengujian dari berbagai aspek kegiatan seperti *Download*, *Upload* dan *Streaming* berdasarkan *scenario* pengujian dan ketentuan dari parameter QoS yang nantinya akan rekam oleh *wireshark*, kemudian tahap akhir yaitu menganalisis perbandingan dari hasil konfigurasi kedua metode tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

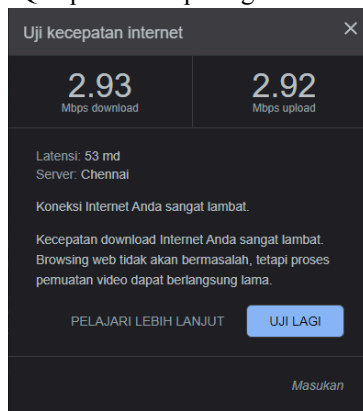
A. Hasil Limitasi *Bandwidth*

Pengujian *Speedtest* dilakukan untuk mengetahui keberhasilan metode dalam pembagian *bandwidth*. Hasil dari pembagian *bandwidth* sudah sesuai dengan konfigurasi yaitu maksimal 15MB masing-masing untuk *upload* dan *download* yang nantinya akan dibagi rata sesuai dengan jumlah *user*. Adapun hasil pembagian *bandwidth* dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hasil limitasi *bandwidth* 1 *user*

Dan hasil dari pembagian *bandwidth* untuk metode HTB sudah sesuai dengan konfigurasi *limit-at* sebesar 3 mbps untuk setiap *user*. Adapun hasil pembagian *bandwidth* didapatkan dari metode PCQ dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil limitasi *bandwidth* 5 *user*

B. Hasil Pengujian Metode *Per Connection Queue* dan *Hierarchical Token Bucket*

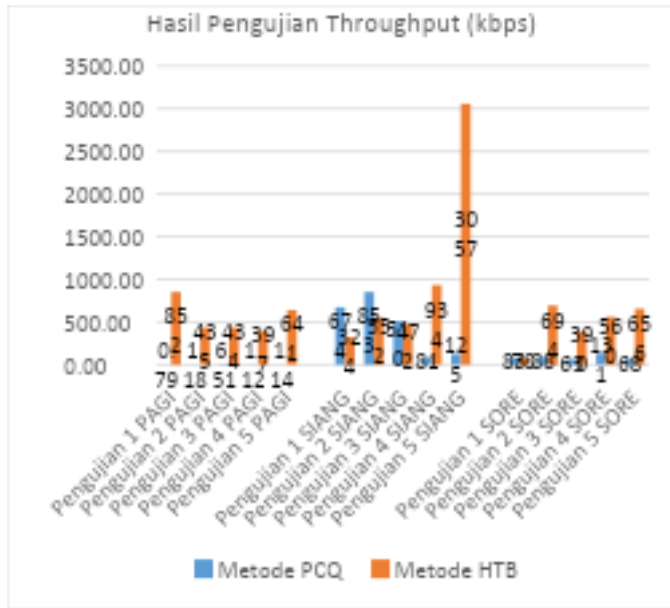
Hasil dari kedua metode berupa nilai parameter QoS yang diukur menggunakan *tools* *wireshark* dan dihitung menggunakan persamaan masing-masing parameter, dari hasil tersebut dievaluasi sesuai dengan standar TIPHON. Data perhitungan berupa jumlah *byte data*, *time span*, *packets* yang berhasil *capture*, yang bisa ditemukan di *Menu Statistic > Capture file properties*.

1. Hasil Pengujian *Troughput*

Adapun hasil nilai yang didapatkan dari kedua metode dapat dilihat pada tabel 3 dan gambar 8 berikut.

TABEL III
HASIL PERHITUNGAN NILAI *THROUGHPUT*

Hasil Pengujian <i>Throughput</i> (kb/s)			
Pengujian	Metode HTB	Metode PCQ	Waktu Pengujian
Pengujian 1	852	1070	
Pengujian 2	435	920	
Pengujian 3	434	411	PAGI
Pengujian 4	397	135	
Pengujian 5	641	68	
Rata-rata	551,8	520,8	
Pengujian 1	324	674	
Pengujian 2	552	853	
Pengujian 3	472	510	SIANG
Pengujian 4	934	81	
Pengujian 5	3057	125	
Rata-rata	1067,8	448,6	
Pengujian 1	78	83	
Pengujian 2	694	88	
Pengujian 3	390	63	SORE
Pengujian 4	560	131	
Pengujian 5	656	68	
Rata-rata	475,6	86,6	



Gambar 8. Grafik hasil pengujian *throughput*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa dalam pengujian pada pagi hari dengan metode HTB, *throughput* menghasilkan nilai antara 397 *kbyte/s* hingga 852 *kbyte/s* dengan rata-rata 551,8 *kbyte/s*. Terdapat ragam hasil dalam pengujian, dengan hasil tertinggi mencapai 852 *kbyte/s* pada pengujian pertama dan terendah di 397 *kbyte/s* pada pengujian keempat. Pada metode PCQ dalam pengujian pagi hari, *throughput* bervariasi dari 68 *kbyte/s* hingga 1070 *kbyte/s* dengan rata-rata 520,8 *kbyte/s*. Meskipun metode PCQ mencapai hasil tertinggi di pagi hari dibandingkan dengan HTB, terdapat hasil yang sangat rendah pada pengujian keempat dan kelima yang menurunkan rata-rata keseluruhan.

Hasil dari pengujian siang hari, *throughput* untuk metode HTB memiliki rentang yang jauh, dari 324 *kbyte/s* hingga 3057 *kbyte/s*. Rata-rata pada siang hari adalah 1067,8 *byte/s*, dengan hasil pengujian kelima yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian lainnya. Hasil dari metode PCQ, *throughput* di siang hari berkisar antara 81 *kbyte/s* dan 853 *kbyte/s* dengan rata-rata 448,6 *kbyte/s*. Meskipun beberapa pengujian menunjukkan hasil yang hampir sama, terdapat juga beberapa hasil yang jauh lebih rendah yang mempengaruhi rata-rata keseluruhan.

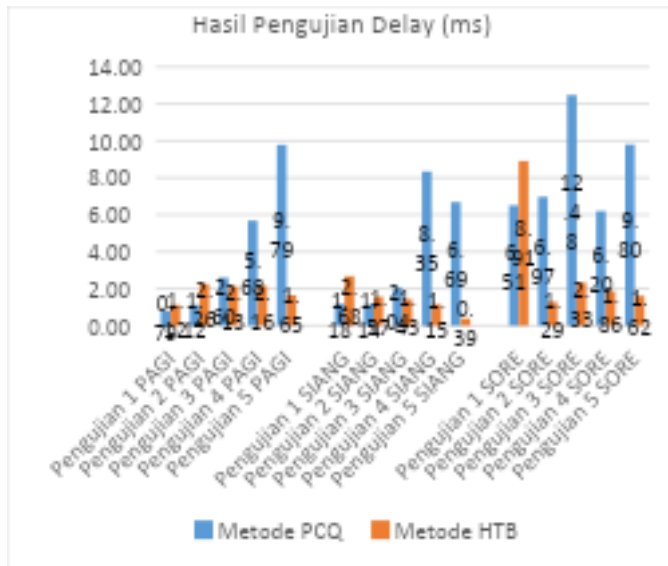
Hasil pengujian sore hari, *throughput* untuk metode HTB bervariasi dari 78 *kbyte/s* hingga 694 *kbyte/s* dengan rata-rata 475,6 *kbyte/s*. Meskipun tidak ada hasil yang menonjol secara signifikan, metode ini konsisten dalam memberikan *throughput* yang lebih tinggi daripada metode PCQ di sore hari. Hasil dari metode PCQ, *throughput* berkisar antara 63 *kbyte/s* dan 131 *kbyte/s*, dengan rata-rata 86,6 *kbyte/s*. Hasil ini menunjukkan bahwa metode PCQ cenderung memberikan *throughput* yang lebih rendah di sore hari dibandingkan dengan HTB.

2. Hasil Pengujian Delay

Adapun hasil nilai yang didapatkan dari kedua metode dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 9 berikut.

TABEL IV
HASIL PERHITUNGAN NILAI DELAY

Hasil Pengujian Delay (ms)			
Pengujian	Metode HTB	Metode PCQ	Waktu Pengujian
Pengujian 1	1,12	0,79	PAGI
Pengujian 2	2,26	1,12	
Pengujian 3	2,13	2,60	
Pengujian 4	2,16	5,68	
Pengujian 5	1,65	9,79	
Rata-rata	1,86	4,00	
<hr/>			
Pengujian 1	2,68	1,18	SIANG
Pengujian 2	1,57	1,14	
Pengujian 3	1,43	2,04	
Pengujian 4	1,15	8,35	
Pengujian 5	0,39	6,69	
Rata-rata	1,44	3,88	
<hr/>			
Pengujian 1	8,91	6,51	SORE
Pengujian 2	1,29	6,97	
Pengujian 3	2,33	12,48	
Pengujian 4	1,86	6,20	
Pengujian 5	1,62	9,80	
Rata-rata	3,20	8,39	



Gambar 9. Grafik hasil pengujian *delay*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pagi hari, *delay* yang dihasilkan oleh metode HTB berkisar antara 1,12 ms hingga 2,26 ms dengan rata-rata 1,86 ms. Ini menunjukkan bahwa metode HTB memiliki konsistensi dalam memberikan *delay* yang rendah pada pagi hari. Untuk metode PCQ, *delay* bervariasi antara 0,79 ms dan 9,79 ms dengan rata-rata sekitar 4,00 ms. Meskipun metode PCQ memiliki *delay* terendah pada pengujian pertama, terdapat peningkatan pada pengujian keempat dan kelima yang meningkatkan nilai rata-rata keseluruhan.

Hasil dari pengujian pada siang hari, metode HTB menghasilkan *delay* antara 0,39 ms hingga 2,68 ms dengan rata-rata 1,44 ms. Konsistensi kinerja HTB terlihat pada siang hari dengan *delay* yang relatif rendah. Sedangkan pada metode PCQ, nilai *delay* berkisar antara 1,14 ms hingga 8,35 ms dengan rata-rata 3,88 ms.

Pada sore hari, nilai *delay* dari metode HTB bervariasi antara 1,29 ms hingga 8,91 ms dengan rata-rata 3,20 ms. Meskipun ada kenaikan pada pengujian pertama, metode HTB relatif konsisten dalam memberikan *delay* yang tidak terlalu tinggi. Sedangkan metode PCQ, nilai *delay* berkisar antara 6,20 ms dan 12,48 ms, dengan rata-rata sekitar 8,39 ms. Sore hari menunjukkan *delay* tertinggi untuk metode PCQ, dengan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua sesi sebelumnya.

3. Pengujian *Jitter*

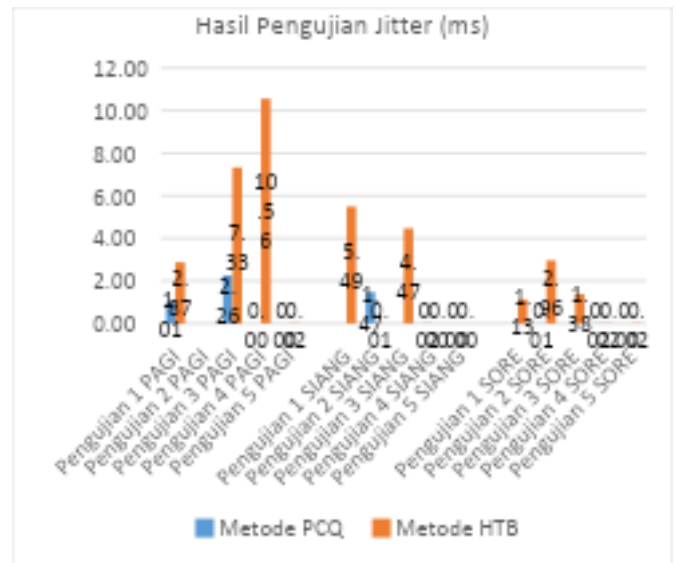
Adapun hasil nilai yang didapatkan dari kedua metode dapat dilihat pada tabel 5 dan gambar 10 berikut.

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN NILAI *JITTER*

Pengujian	Hasil Pengujian <i>Jitter</i> (ms)		Waktu Pengujian
	Metode HTB	Metode PCQ	
Pengujian 1	2,87	1,01	PAGI
Pengujian 2	0,00	0,00	
Pengujian 3	7,33	2,26	
Pengujian 4	10,56	0,00	
Pengujian 5	0,02	0,00	
Rata-rata	4,16	0,65	

Pengujian 1	5,49	0,00	SIANG
Pengujian 2	0,01	1,47	
Pengujian 3	4,47	0,00	
Pengujian 4	0,00	0,02	
Pengujian 5	0,00	0,00	
Rata-rata	1,99	0,30	

Pengujian 1	1,13	0,00	SORE
Pengujian 2	2,96	0,01	
Pengujian 3	1,38	0,00	
Pengujian 4	0,02	0,02	
Pengujian 5	0,02	0,00	
Rata-rata	1,10	0,01	



Gambar 10. Grafik hasil pengujian *jitter*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa untuk metode HTB, selama pengujian pagi hari, *jitter* yang dihasilkan berkisar antara 0,00 ms hingga 10,56 ms dengan rata-rata 4,16 ms. Terlihat ketidakstabilan nilai yang terdapat dalam hasil pengujian, dan pada pengujian keempat menunjukkan nilai *jitter* tertinggi. Sedangkan metode PCQ, hasil *jitter* bervariasi antara 0,00 ms dan 2,26 ms dengan rata-rata sekitar 0,65 ms. Metode ini menunjukkan konsistensi yang baik dalam menjaga *jitter* tetap rendah, dengan rata-rata pengujian menunjukkan nilai mendekati nol.

Hasil pengujian pada siang hari, metode HTB menghasilkan *jitter* antara 0,00 ms hingga 5,49 ms dengan rata-rata 1,99 ms. Meskipun ada beberapa pengujian dengan *jitter* nol, ada juga beberapa dengan nilai *jitter* yang lebih signifikan. Sedangkan metode PCQ, nilai *jitter* berkisar antara 0,00 ms hingga 1,47 ms dengan rata-rata 0,30 ms. Seperti pengujian pada pagi hari, metode PCQ cenderung memiliki *jitter* yang lebih rendah dibandingkan dengan HTB.

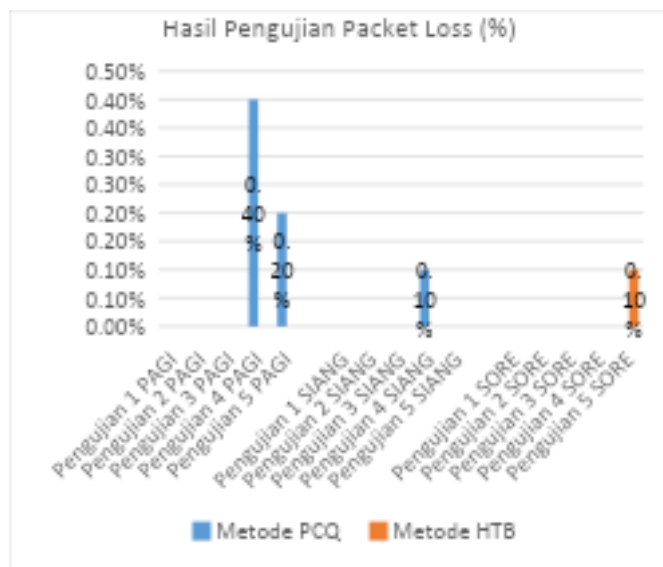
Hasil pengujian pada sore hari, nilai *jitter* dari metode HTB bervariasi antara 0,02 ms hingga 2,96 ms dengan rata-rata 1,10 ms. Hasilnya lebih konsisten dan rendah dibandingkan dengan pengujian sesi pagi. Sedangkan metode PCQ, menghasilkan nilai *jitter* berkisar antara 0,00 ms dan 0,02 ms, dengan rata-rata sekitar 0,01 ms. Sore hari menunjukkan konsistensi yang sangat baik untuk metode PCQ, dengan hampir semua pengujian menunjukkan *jitter* mendekati nol.

4. Pengujian *Packet Loss*

Adapun hasil nilai yang didapatkan dari kedua metode dapat dilihat pada tabel 6 dan gambar 11 berikut.

TABEL V
HASIL PERHITUNGAN NILAI *PACKET LOSS*
Hasil Pengujian *Packet Loss* (ms)

Pengujian	Metode HTB	Metode PCQ	Waktu Pengujian
Pengujian 1	0,00%	0,00%	PAGI
Pengujian 2	0,00%	0,00%	
Pengujian 3	0,00%	0,00%	
Pengujian 4	0,00%	0,40%	
Pengujian 5	0,00%	0,20%	
Rata-rata	0,00%	0,12%	
<hr/>			
Pengujian 1	0,00%	0,00%	SIANG
Pengujian 2	0,00%	0,00%	
Pengujian 3	0,00%	0,00%	
Pengujian 4	0,00%	0,10%	
Pengujian 5	0,00%	0,00%	
Rata-rata	0,00%	0,02%	
<hr/>			
Pengujian 1	0,00%	0,00%	SORE
Pengujian 2	0,00%	0,00%	
Pengujian 3	0,00%	0,00%	
Pengujian 4	0,00%	0,00%	
Pengujian 5	0,10%	0,00%	
Rata-rata	0,02%	0,00%	



Gambar 11. Grafik hasil pengujian *packet loss*

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pada pengujian pagi hari, metode HTB menunjukkan konsistensi yang baik dengan 0,00% *packet loss* pada empat dari lima pengujian. Rata-rata *packet loss* untuk sesi pagi dengan metode HTB adalah 0,00%. Sedangkan metode PCQ, meskipun tiga dari lima pengujian menunjukkan *packet loss* 0,00%, terdapat sedikit peningkatan pada pengujian keempat dan kelima. Hal ini memberikan rata-rata *packet loss* sebesar 0,12%.

Hasil pengujian pada siang hari, metode HTB konsisten menunjukkan *packet loss* 0,00% di semua pengujian. Ini menunjukkan stabilitas yang baik dalam pengujian ini. Sementara metode PCQ, hampir semua pengujian menunjukkan *packet loss* 0,00% kecuali pada pengujian keempat yang menunjukkan 0,10%. Rata-rata *packet loss* untuk sesi siang dengan metode PCQ adalah 0,02%.

Hasil pengujian pada sore hari, hampir semua pengujian dengan metode HTB menunjukkan *packet loss* 0,00% kecuali pengujian kelima yang menunjukkan 0,10%. Rata-rata *packet loss* untuk metode HTB di sore hari adalah 0,02%. Sedangkan metode PCQ menunjukkan hasil yang sempurna di sore hari dengan *packet loss* 0,00% di semua pengujian, dan memberikan nilai rata-rata 0,00%.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa kualitas jaringan yang menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* termasuk Sangat Bagus. Hal ini didasari pada nilai terhadap parameter QoS yang telah di ukur dari 15 skenario pengujian yang terbagi untuk sesi pagi, siang dan sore. Pada sesi pagi metode HTB menunjukkan *throughput* sebesar 551,8 *kbyte/s*, dengan kualitas "Sangat Memuaskan". Dan *delay* hanya sebesar 1,86 ms, dengan kategori "Sangat Memuaskan". Metode HTB juga menghasilkan nilai *jitter* sebesar 4,16 ms, dengan kualitas "Memuaskan". Dan *packet loss* dengan nilai 0,00%, dengan kategori "Sangat Memuaskan". Pada sesi siang hari, HTB mencapai nilai *throughput* sebesar 1067,8 *kbyte/s*, dengan kategori "Sangat Memuaskan". Dan *delay* sebesar 1,44 ms, dengan kualitas "Sangat Memuaskan". Untuk *jitter*, nilai yang dihasilkan adalah 1,99 ms, dengan kategori "Memuaskan". Sama seperti pagi hari, metode HTB menunjukkan nilai *packet loss* 0,00%, dengan kategori "Sangat Memuaskan". Pada sore hari, HTB menghasilkan *throughput* sebesar 475,6 *kbyte/s*, dengan kualitas "Sangat Memuaskan". Dan nilai *delay* sebesar 3,20 ms, masih dalam kualitas "Sangat Memuaskan". Kemudian pada parameter *jitter* yang menghasilkan nilai 1,10 ms, dengan predikat "Memuaskan". Dan nilai *packet loss* hanya 0,02%, yang mendapatkan predikat "Sangat Memuaskan".

REFERENSI

- [1] C. P. Antodi, A. B. Prasetyo, and E. D. Widiyanto, "Penerapan Quality of Service Pada Jaringan Internet Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 23, 2017, doi: 10.14710/jtsiskom.5.1.2017.23-28.
- [2] F. N. B. Zaki and L. Lukman, "Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Video Streaming Dengan Metode PCQ Dan HTB Menggunakan Router Mikrotik," *Respati*, vol. 16, no. 3, p. 25, 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i3.415.
- [3] H. P. Situmorang and J. C. Chandra, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Peer Connection Queue Pada SMK Budi Mulia Tangerang," *Idealis*, vol. 2, no. 3, pp. 202-208, 2019.
- [4] A. Diantoro and N. H. Haekal, "Penerapan Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Mikrotik Router Os," *J. Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, 2018, [Online]. Available: <http://jurnal.lpkia.ac.id/index.php/jti/article/view/17>