

IMPLEMENTASI METODE *HIERARCHICAL TOKEN BUCKET* (HTB) UNTUK OPTIMALISASI ALOKASI *BANDWIDTH* JARINGAN LABORATORIUM TJKT II (STUDI KASUS: SMK NEGERI 3 MAUMERE)

Melinda Magdalena Padjodjang, Arfan Y. Mauko, Clarissa Elfira Amos Pah

Ilmu Komputer, Universitas Nusa Cendana
Jalan Adisucipto Penfui Kupang, Indonesia
lindapadjodjang@gmail.com

ABSTRAK

Jaringan internet merupakan infrastruktur esensial dalam menunjang pembelajaran di lingkungan pendidikan, khususnya pada laboratorium TJKT II SMK Negeri 3 Maumere. Alokasi internet laboratorium belum terkelola optimal, *bandwidth* yang berasal dari *Internet Service Provider* langsung disalurkan secara utuh ke jaringan *Local Area Network* dan *Hotspot*. Kondisi ini mengakibatkan perangkat saling memperebutkan sumber daya jaringan, sehingga aplikasi dengan *bandwidth* tinggi mendominasi dan menghambat kinerja aplikasi lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimalisasi *bandwidth* terhadap jaringan internet laboratorium tersebut. Metode *Quality of Service* yang dipilih dan diterapkan pada Router Mikrotik ialah *Hierarchical Token Bucket* untuk membagi serta mengalokasikan *bandwidth* berdasarkan kebutuhan pengguna yang sesuai dengan standarisasi TIPHON, di mana *bandwidth* yang tidak terpakai dari kelas tinggi akan didistribusikan ke kelas yang lebih membutuhkan. Pengujian penelitian dilakukan sebelum dan sesudah implementasi metode dengan skenario pengujian yang terdiri dari jaringan LAN aktif, jaringan *hotspot* aktif, jaringan *hotspot* dan LAN aktif bersamaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode HTB bekerja dengan baik dilihat dari peningkatan nilai parameter setelah penerapan metode, rata-rata *throughput* berada pada indeks 4 dengan kategori ultra, *delay* berada pada indeks 4 dengan kategori sangat bagus, *jitter* berada pada indeks 3 dengan kategori bagus, serta *packet loss* berada pada indeks 4 dengan kategori sangat baik.

Kata kunci : Jaringan, Manajemen Bandwidth, HTB, QoS, TIPHON

1. PENDAHULUAN

Teknologi informasi dan komunikasi (TIK) berkembang pesat dan menjadi elemen penting dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan. SMK Negeri 3 Maumere merupakan sekolah menengah kejuruan yang terletak di Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur, Indonesia yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) melalui penggunaan jaringan *Local Area Network* (LAN) pada laboratorium kedua Teknik Jaringan Komputer dan Telekomunikasi (TJKT). Penerapan jaringan LAN pada laboratorium ini dirancang untuk mendukung proses pembelajaran yang berfokus pada pengembangan keterampilan teknis siswa dalam bidang jaringan komputer, baik itu dalam mengakses aplikasi berbasis web atau praktik konfigurasi jaringan. Sehingga, koneksi internet yang stabil sangat dibutuhkan.

SMK Negeri 3 Maumere mengandalkan satu koneksi internet untuk seluruh aktivitas jaringan, baik melalui kabel di dalam laboratorium maupun secara nirkabel ketika di luar laboratorium. Jaringan internet pada laboratorium TJKT II saat ini belum menerapkan sistem manajemen *bandwidth*, di mana *bandwidth* internet langsung disalurkan dari *Internet Service Provider* (ISP) ke jaringan LAN dan *hotspot* tanpa pengaturan alokasi. Hal ini mengakibatkan adanya kompetisi sumber daya antarperangkat di jaringan LAN dan *hotspot*, di mana perangkat dengan konsumsi *bandwidth* tinggi akan mendominasi dan menghambat

kinerja jaringan serta aplikasi penting untuk pembelajaran. Oleh karena itu, dibutuhkan manajemen *bandwidth* yang tepat, agar setiap pengguna jaringan mendapatkan alokasi sumber daya yang sesuai dengan kebutuhan masing-masing. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui optimalisasi manajemen *bandwidth* terhadap jaringan internet laboratorium TJKT II di SMK Negeri 3 Maumere.

Manajemen *bandwidth* merupakan proses mengatur serta mengendalikan penggunaan *bandwidth* suatu jaringan dengan cara mengidentifikasi, mengukur, dan mengendalikan aliran data pada jaringan komputer. Dengan menerapkan manajemen *bandwidth*, setiap perangkat yang terhubung dalam jaringan akan mendapatkan alokasi sumber daya yang lebih adil, meminimalkan latensi dan mencegah terjadinya *bottleneck* yang dapat menghambat kinerja jaringan secara keseluruhan, serta memastikan setiap pengguna mendapatkan pengalaman terbaik saat mengakses sumber daya jaringan. Salah satu metode manajemen *bandwidth* yang sering digunakan adalah *Hierarchical Token Bucket* (HTB).

Hierarchical Token Bucket (HTB) bekerja dengan menerapkan konsep hierarki, *bandwidth* akan dibagi menjadi beberapa kelas untuk mempermudah pengaturan pembagian dan *bandwidth* yang tidak terpakai pada kelas yang lebih tinggi akan didistribusikan pada kelas yang lebih membutuhkan, sehingga meminimalisasi adanya persaingan *bandwidth* dalam jaringan [1].

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jaringan komputer adalah interkoneksi antara 2 komputer atau lebih, yang terhubung satu sama lain untuk berbagi data, sumber daya, dan aplikasi [2]. Jaringan ini dapat dibangun dalam berbagai ukuran dan kompleksitas, dari jaringan lokal yang menghubungkan beberapa perangkat hingga jaringan luas yang menjangkau seluruh dunia.

Bandwidth adalah daya tampung atau kapasitas dari kabel *ethernet* yang memungkinkan data mengalir dari satu titik ke titik lainnya dalam jumlah dan waktu tertentu. Kecepatan *bandwidth* terdiri dari dua komponen utama, yaitu kecepatan unduh yang mengukur laju penerimaan data dari internet dan kecepatan unggah yang mengukur laju pengiriman data ke internet.

Manajemen *bandwidth* adalah teknik pengelolaan *bandwidth* dalam suatu jaringan untuk memastikan semua pengguna jaringan mendapatkan alokasi *bandwidth* yang adil sesuai dengan kebutuhan. Manajemen *bandwidth* bekerja dengan cara memberi prioritas kepada jenis data tertentu dalam suatu jaringan. Data yang memiliki prioritas lebih tinggi akan diutamakan, sehingga mencegah terjadinya kemacetan jaringan dan memastikan semua pengguna mendapatkan layanan yang optimal.

Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan metode manajemen *bandwidth* yang membatasi dan mengatur lalu lintas menuju IP tertentu secara hirarki, *bandwidth* akan dibagi menjadi beberapa kelas atau tingkatan[3]. Dalam melakukan tugasnya, HTB menggunakan konsep *token bucket* untuk mengelola pembagian *bandwidth* yang digunakan dalam jaringan. Terdapat dua pembatasan laju (*dual limitation*) untuk mengatur lalu lintas jaringan pada setiap antrian HTB yang dikenal dengan MIR (*max-limit*) dan CIR (*limit-at*) [4]. *Maximum Information Rate* (MIR) yang biasa dikenal juga dengan *Peak Information Rate* (PIR) adalah jumlah *bandwidth* maksimum yang didapatkan oleh suatu pengguna dalam kondisi jaringan sepi. Sedangkan *Committed Information Rate* (CIR) adalah jumlah *bandwidth* minimum yang didapat oleh pengguna seburuk apapun kondisi jaringan yang ada, alokasi *bandwidth* tidak akan lebih rendah dari angka CIR yang telah ditentukan.

Simple queue merupakan menu pada *routerOS* untuk memanajemen *bandwidth* dengan skenario jaringan yang sederhana. Untuk jaringan skala kecil sampai menengah, *simple queue* menawarkan metode yang paling mudah dalam pengaturan *bandwidth* [3]. *Simple queue* memungkinkan konfigurasi queue disusun secara hirarki, berdasarkan tingkatan yang ingin dibentuk menggunakan metode HTB.

Per Connection Queue (PCQ) merupakan metode yang mendistribusikan *bandwidth* jaringan secara merata kepada seluruh pengguna, dengan mekanisme unik yang mendasarkan pembagian tersebut pada jumlah koneksi aktif yang sedang menggunakan sumber daya jaringan [5].

Quality of Service (QoS) adalah istilah yang digunakan untuk mengukur seberapa bagus kualitas layanan dari suatu jaringan komputer. QoS bertujuan untuk memastikan bahwa suatu layanan dapat memberikan kinerja sesuai dengan harapan pengguna jaringan, dengan mempertimbangkan berbagai parameter kinerja yang telah ditentukan. Berikut permasalahan yang terjadi dalam lalu lintas jaringan yang sering disebut sebagai parameter-parameter QoS [3].

2.1. Throughput

Throughput adalah kemampuan suatu jaringan dalam mengirimkan paket data. Rumus untuk menghitung *throughput* adalah sebagai berikut.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{packet recieved (B)}}{\text{time transmitted (s)}} \quad (1)$$

Kategori indeks *throughput* menurut standarisasi TIPHON ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Indeks *Throughput*

Kategori	Throughput	Indeks
Buruk	0-250 Kbps	0
Sedang	251-600 Kbps	1
Baik	601-1200 Kbps	2
Sangat Baik	1201 Kbps-2 Mbps	3
Ultra	> 2 Mbps	4

2.2. Delay

Delay adalah waktu tunda yang dibutuhkan data untuk berpindah dari titik awal hingga titik akhir paket diterima. *Delay* dapat disebabkan oleh jarak, jenis media fisik, kemacetan, dan waktu pemrosesan yang lama. Rumus untuk menghitung rata-rata *delay* adalah sebagai berikut [6].

$$\text{Rata - rata delay} = \frac{\text{total delay}}{\text{total paket diterima}} \quad (2)$$

Kategori indeks *delay* menurut standarisasi TIPHON ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Indeks *Delay*

Kategori	Delay	Indeks
Buruk	> 450 ms	1
Sedang	> 300 ms s.d ≤ 450 ms	2
Bagus	≥ 150 ms s.d ≤ 300 ms	3
Sangat Bagus	< 150 ms	4

2.3. Jitter

Jitter adalah ketidakstabilan atau variasi dalam waktu yang dibutuhkan paket data saat dikirim hingga sampai pada titik akhir pengiriman. Rumus untuk menghitung *jitter* adalah sebagai berikut [7].

$$\text{Variasi Delay} = \text{Delay} - \text{Rata - Rata Delay} \quad (3)$$

$$\text{Jitter} = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket diteirma}} \quad (4)$$

Kategori indeks *jitter* menurut standarisasi TIPHON ditunjukkan pada Tabel 3 [8].

Tabel 3. Kategori Indeks *Jitter*

Kategori	<i>Jitter</i>	Indeks
Buruk	126 ms s/d > 225 ms	1
Sedang	76 ms s/d 125 ms	2
Bagus	1 ms s/d 75 ms	3
Sangat Bagus	0 ms	4

2.4. Packet Loss

Packet loss adalah presentase dari total data yang hilang selama proses transmisi paket mencapai tujuannya. Rumus untuk menghitung persentase *packet loss* adalah sebagai berikut [9].

$$\text{Packet loss} = \frac{(\text{paket data dikirim} - \text{paket data diterima})}{\text{paket data dikirim}} \times 100 \quad (5)$$

Kategori indeks *packet loss* menurut standarisasi TIPHON ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori Indeks *Packet Loss*

Kategori	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Buruk	> 25%	1
Sedang	15-24%	2
Baik	3-14%	3
Sangat Baik	0-2%	4

Penelitian ini juga merujuk pada beberapa penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam bidang manajemen *bandwidth*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Putra dkk (2020) dengan judul “Penerapan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* pada Layanan *Hotspot* Mikrotik Undiksa”. Pada penelitian ini, manajemen *bandwidth* diterapkan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi *wireshark* dengan 2 kondisi jaringan, yaitu tanpa dan dengan menerapkan mekanisme HTB. Hasil pengujian tanpa menerapkan HTB pada 4 parameter QoS menunjukkan *throughput* sebesar 72,73%, *packet loss* sebesar 3,49%, *delay* sebesar 118,88 ms, dan *jitter* sebesar 134,46 ms. Namun, dengan adanya penerapan HTB didapati terjadinya peningkatan kinerja jaringan yang menghasilkan *throughput* sebesar 61,97%, *packet loss* sebesar 1,97%, *delay* sebesar 25,14 ms, dan *jitter* sebesar 38,61 ms [10].

Serta, penelitian yang dilakukan oleh Setiawan & Slameto (2023) dengan judul “Penerapan Manajemen *Bandwidth* dan *Web Filtering* pada Router Mikrotik Menggunakan Metode HTB”. Penelitian ini menggunakan teknik antrian *queue tree* pada Mikrotik dengan menerapkan metode HTB untuk membagi *bandwidth* jaringan internet yang ada di laboratorium komputer SMKN 1 Belitang. Kecepatan akses internet yang didapatkan dari *Internet Service Provider* (ISP) sebesar 30 Mbps. Hasil pengujian QoS didapati nilai parameter *throughput* sebesar 2158 kbit/s, *delay* sebesar 2,882450 ms, *jitter* sebesar 2,867812 ms, dan *packet loss* sebesar 0% [12].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di SMK Negeri 3 Maumere, Kelurahan Wairotang, Kecamatan Alok Timur, Kabupaten Sikka, Provinsi Nusa Tenggara Timur.

3.2. Sumber Data

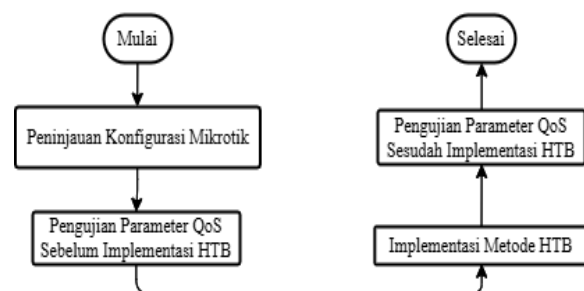
Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari SMK Negeri 3 Maumere, berupa data sekunder yang terdiri dari data topologi jaringan yang sudah ada sebelumnya, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, serta *bandwidth* yang didapatkan dari *Internet Service Provider* (ISP).

3.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh menggunakan metode observasi yang merupakan metode pengumpulan data melalui proses pengamatan secara langsung ke lokasi penelitian dan melakukan wawancara langsung kepada network administrator laboratorium TJKT di SMK N 3 Maumere.

3.4. Skenario Konfigurasi Jaringan

Tahapan konfigurasi jaringan ditunjukkan dalam bentuk *flowchart* yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skenario Konfigurasi Jaringan

a. Peninjauan Konfigurasi Mikrotik

Pada tahap ini, akan dilakukan proses pemeriksaan terhadap pengaturan yang telah dibuat sebelumnya oleh *network administrator* SMK Negeri 3 Maumere pada Mikrotik dan Access Point agar dapat mendukung proses implementasi metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Pemeriksaan pada Mikrotik meliputi menu *Address List*, *Interface*, dan *Queues*.

b. Pengujian Parameter QoS Sebelum Implementasi HTB

Pada tahap ini, akan dilakukan pengujian parameter QoS pada jaringan internet LAN dan *hotspot* sebelum diterapkan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dengan menggunakan bantuan aplikasi *speedtest.net* dan *Wireshark* untuk menghasilkan data yang diperlukan dalam perhitungan *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* berdasarkan standarisasi TIPHON.

c. Implementasi Metode HTB

Pada tahap ini, akan dilakukan penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) pada perangkat Mikrotik melalui menu *Queues* dengan memanfaatkan fitur *simple queue*. Untuk mempermudah pengaturan *simple queue*, perlu diberikan label pada alamat IP yang ada pada jaringan melalui menu *Interface* yang ada di Mikrotik. *Class* yang akan dibuat dalam *simple queue* terdiri dari *root* yang bertindak sebagai tempat alokasi *bandwidth* awal, *inner* yang merupakan anak dari *root*, dan *leaf* yang merupakan titik akhir di mana *bandwidth* secara spesifik dialokasikan.

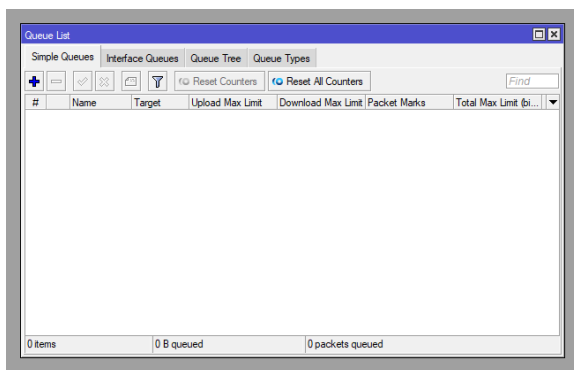
d. Pengujian Parameter QoS Sesudah Implementasi HTB

Pada tahap ini, akan dilakukan pengujian parameter QoS berupa *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* berdasarkan standarisasi TIPHON pada jaringan LAN dan *hotspot* setelah diterapkan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dengan bantuan aplikasi *speedtest.net* dan Wireshark.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Peninjauan Konfigurasi Router Mikrotik

Peninjauan konfigurasi dilakukan dengan cara membuka aplikasi Winbox > pilih MAC Address > klik *connect* > klik menu *Queues*.



Gambar 2. Menu *Queues* Sebelum HTB

Menu *queues* pada Router Mikrotik berfungsi untuk mengelola *traffic* jaringan. Terlihat pada Gambar 2 tidak terdapat pengaturan manajemen *bandwidth* untuk mengelola *traffic* jaringan laboratorium TJKT II.

4.2. Pengujian Parameter QoS Sebelum Implementasi HTB

Pengujian parameter QoS sebelum implementasi metode HTB dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi Wireshark dan *speedtest.net*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kualitas koneksi internet pada jaringan LAN dan *hotspot* ketika kedua jenis jaringan sedang mengalami tingkat utilisasi atau kepadatan lalu lintas data yang tinggi.

a. Jaringan LAN Aktif

Pengujian dilakukan terfokus saat jaringan LAN aktif, tanpa adanya gangguan dari jaringan *hotspot*.

Tabel 5. *Bandwidth* Internet LAN Sebelum HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
PC 1	0.98	0.98	Browsing
PC 2	0.42	0.00	Browsing
PC 3	1.17	1.80	Browsing
PC 4	1.39	2.23	Browsing
PC 5	1.36	1.01	Browsing
PC 6	13.86	13.19	Download File
PC 7	27.61	16.67	Download File
PC 8	15.89	15.55	Download File
PC 9	18.88	13.89	Download File
PC 10	28.86	23.19	Download File
PC 11	4.19	4.16	Streaming Video
PC 12	7.75	4.98	Streaming Video
PC 13	14.40	3.30	Streaming Video
PC 14	9.77	4.13	Streaming Video
PC 15	7.77	2.29	Streaming Video
PC 16	5.56	15.41	Upload File
PC 17	3.22	8.06	Upload File
PC 18	2.66	6.88	Upload File
PC 19	10.51	10.19	Upload File
PC 20	7.35	10.30	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan kecepatan internet yang tidak merata antar PC, beberapa di antaranya mendominasi karena aktivitas berat seperti unduhan besar dan streaming video dari *youtube.com*. Tanpa pengelolaan *bandwidth*, PC akan saling berebut, mengakibatkan penurunan kecepatan signifikan untuk tugas ringan seperti *browsing*.

Tabel 6. Hasil Parameter QoS LAN Sebelum HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	101 Kbps	0	Buruk
Delay	331 ms	2	Sedang
Jitter	475 ms	1	Buruk
Packet Loss	0,6%	4	Sangat Baik

Hasil perhitungan menunjukkan *throughput* yang rendah, *delay* yang sedang, dan *jitter* yang tinggi.

b. Jaringan Hotspot Aktif

Pengujian dilakukan terfokus saat jaringan *hotspot* aktif, tanpa adanya gangguan dari jaringan LAN.

Tabel 7. *Bandwidth* Internet Hotspot Sebelum HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 1	4.49	1.48	Browsing
User 2	2.83	0.22	Browsing
User 3	1.66	7.27	Browsing
User 4	2.04	1.66	Browsing
User 5	1.13	0.31	Browsing
User 6	22.87	17.98	Download File
User 7	13.42	6.72	Download File

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 8	12.44	13.38	Download File
User 9	34.56	3.25	Download File
User 10	18.30	19.10	Download File
User 11	5.38	4.59	Streaming Video
User 12	7.48	12.66	Streaming Video
User 13	5.63	2.81	Streaming Video
User 14	1.81	1.40	Streaming Video
User 15	5.16	5.31	Streaming Video
User 16	4.49	6.19	Upload File
User 17	1.28	3.88	Upload File
User 18	4.63	5.07	Upload File
User 19	2.56	0.01	Upload File
User 20	2.74	4.82	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan *bandwidth* yang tidak merata dikarenakan perbedaan aktivitas penggunaan jaringan *hotspot*. Terlihat adanya lonjakan *bandwidth* cukup tinggi pada beberapa pengguna yang melakukan aktivitas *download file* dan *streaming video*.

Tabel 8. Hasil Parameter QoS *Hotspot* Sebelum HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	1,78 Kbps	0	Buruk
Delay	682 ms	1	Buruk
Jitter	1087 ms	1	Buruk
Packet Loss	0%	4	Sangat Baik

Terlihat *throughput* sangat rendah, *delay* dan *jitter* tinggi, namun *packet loss* 0%. Ini berarti seluruh paket terkirim, namun lambat dikarenakan *throughput* rendah serta terhambat *delay* dan *jitter* yang tinggi.

4.4.1 Jaringan *Hotspot* dan LAN Aktif Bersamaan

Pengujian akan dilakukan secara terpisah pada sisi jaringan *hotspot* dan LAN yang aktif bersamaan.

a. Jaringan *Hotspot*

Pengujian dilakukan pada sisi jaringan *hotspot* saat aktif bersamaan dengan jaringan LAN.

Tabel 9. *Bandwidth Hotspot* saat Aktif Bersamaan Sebelum HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 1	0.29	0.28	Browsing
User 2	0.23	0.10	Browsing
User 3	0.00	0.47	Browsing
User 4	0.04	0.66	Browsing
User 5	0.01	0.01	Browsing
User 6	2.28	1.31	Download File
User 7	6.13	6.46	Download File
User 8	3.12	2.14	Download File
User 9	6.55	1.53	Download File
User 10	3.38	1.19	Download File
User 11	3.33	3.39	Streaming Video
User 12	1.28	1.26	Streaming Video
User 13	1.83	1.21	Streaming Video
User 14	0.80	0.08	Streaming Video
User 15	1.15	1.01	Streaming Video

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 16	1.14	1.11	Upload File
User 17	0.30	0.18	Upload File
User 18	0.24	0.18	Upload File
User 19	0.06	0.01	Upload File
User 20	0.08	0.15	Upload File

Terlihat beberapa perangkat mengalami penurunan *bandwidth* yang sangat drastis jika dibandingkan dengan kondisi hanya jaringan *hotspot* saja yang aktif.

Tabel 10. Hasil Parameter QoS *Hotspot* saat Aktif Bersamaan Sebelum HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	881 Kbps	2	Baik
Delay	474 ms	1	Buruk
Jitter	938 ms	1	Buruk
Packet Loss	0,6%	4	Sangat Baik

Hasil perhitungan menunjukkan *delay* dan *jitter* yang tinggi, membuat pengiriman tertunda dan mengganggu aplikasi yang memerlukan internet yang stabil.

b. Jaringan LAN

Pengujian dilakukan pada sisi jaringan LAN saat aktif bersamaan dengan jaringan *hotspot*.

Tabel 11. *Bandwidth LAN* saat Aktif Bersamaan Sebelum HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
PC 1	0.03	0.00	Browsing
PC 2	0.04	0.10	Browsing
PC 3	0.09	0.08	Browsing
PC 4	0.06	0.03	Browsing
PC 5	0.00	0.01	Browsing
PC 6	9.41	5.10	Download File
PC 7	10.67	9.54	Download File
PC 8	13.24	3.48	Download File
PC 9	14.81	4.15	Download File
PC 10	15.27	5.35	Download File
PC 11	4.91	4.50	Streaming Video
PC 12	2.63	2.03	Streaming Video
PC 13	6.39	6.23	Streaming Video
PC 14	4.38	9.74	Streaming Video
PC 15	2.56	5.96	Streaming Video
PC 16	0.91	4.50	Upload File
PC 17	0.30	0.01	Upload File
PC 18	3.77	0.21	Upload File
PC 19	5.42	0.00	Upload File
PC 20	0.95	0.08	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan distribusi *bandwidth* tidak seimbang pada jaringan LAN saat aktif bersamaan dengan jaringan *hotspot*, terlihat adanya penurunan *bandwidth* yang didapatkan perangkat ketika jaringan aktif bersamaan. Beberapa perangkat mendapat kecepatan tinggi, sementara yang

lain sangat rendah. Hal ini dikarenakan tidak adanya pengelolaan *bandwidth*, menyebabkan perangkat di LAN dan *hotspot* bersaing bebas memperebutkan *bandwidth*.

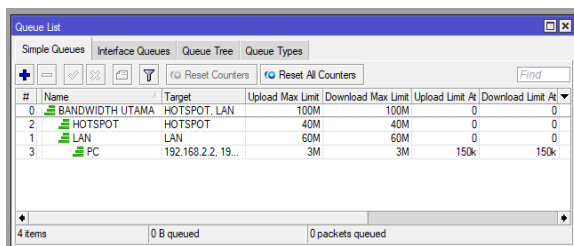
Tabel 12. Hasil Parameter QoS LAN saat Aktif Bersamaan Sebelum HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	357 Kbps	1	Sedang
Delay	899 ms	1	Buruk
Jitter	3200 ms	1	Buruk
Packet Loss	1,2%	4	Sangat Baik

Hasil perhitungan menunjukkan kualitas layanan internet yang buruk untuk jaringan LAN berdasarkan kategori parameter QoS yang diukur.

4.3. Implementasi Metode HTB

Implementasi metode HTB dilakukan pada perangkat Router Mikrotik melalui menu *queues*. Konfigurasi metode HTB dilakukan dengan membuka menu *queues* > pilih fitur *simple queues* > menekan simbol +.



Gambar 3. Menu *Queues* Sesudah HTB

Metode HTB yang diterapkan pada jaringan laboratorium TJKT II terdiri dari 3 *class*, di mana terdiri dari *bandwidth* utama sebagai *root*, *hotspot* dan LAN sebagai *inner*, serta PC sebagai *leaf*.

4.4. Pengujian Parameter QoS Sesudah Implementasi HTB

Pengujian parameter QoS sesudah implementasi metode HTB dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi Wireshark dan *speedtest.net*. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kualitas koneksi internet pada jaringan LAN dan *hotspot* ketika kedua jenis jaringan sedang mengalami tingkat utilisasi atau kepadatan lalu lintas data yang tinggi.

a. Jaringan LAN Aktif

Pengujian dilakukan terfokus saat jaringan LAN aktif, tanpa adanya gangguan dari jaringan *hotspot*.

Tabel 13. *Bandwidth* Internet LAN Sesudah HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
PC 1	1.55	2.57	Browsing
PC 2	2.47	3.87	Browsing
PC 3	1.83	2.37	Browsing
PC 4	3.32	2.23	Browsing

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
PC 5	2.69	2.27	Browsing
PC 6	3.83	1.33	Download File
PC 7	1.40	1.38	Download File
PC 8	1.98	1.32	Download File
PC 9	1.80	3.67	Download File
PC 10	2.47	2.65	Download File
PC 11	1.30	1.55	Streaming Video
PC 12	2.30	2.03	Streaming Video
PC 13	1.72	2.66	Streaming Video
PC 14	3.81	1.41	Streaming Video
PC 15	3.16	3.73	Streaming Video
PC 16	2.94	2.50	Upload File
PC 17	1.46	1.12	Upload File
PC 18	3.88	1.45	Upload File
PC 19	1.68	3.30	Upload File
PC 20	1.32	1.62	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan distribusi *bandwidth* tampak lebih merata dibandingkan dengan kondisi sebelum implementasi metode HTB yang ditunjukkan pada Tabel 5. *Bandwidth* yang diperoleh setiap PC tidak kurang dari *limit-at* yang sudah ditentukan sebelumnya.

Tabel 14. Hasil Parameter QoS LAN Sesudah HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	3136 Kbps	4	Ultra
Delay	2 ms	4	Sangat Bagus
Jitter	2 ms	3	Bagus
Packet Loss	0,6%	4	Sangat Baik

Hasil pengujian menunjukkan peningkatan yang signifikan dilihat dari nilai parameter QoS yang mencapai indeks 4 sesuai standar TIPHON.

b. Jaringan Hotspot Aktif

Pengujian dilakukan terfokus saat jaringan *hotspot* aktif, tanpa adanya gangguan dari jaringan LAN.

Tabel 15. *Bandwidth* Internet Hotspot Sebelum HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 1	0.93	0.30	Browsing
User 2	1.10	0.20	Browsing
User 3	1.56	0.27	Browsing
User 4	0.66	0.38	Browsing
User 5	1.31	0.21	Browsing
User 6	1.63	1.01	Download File
User 7	1.04	0.75	Download File
User 8	1.12	0.38	Download File
User 9	1.67	1.46	Download File
User 10	1.98	0.30	Download File
User 11	1.94	0.34	Streaming Video
User 12	1.83	1.13	Streaming Video
User 13	0.30	0.19	Streaming Video
User 14	0.40	0.33	Streaming Video
User 15	0.51	0.21	Streaming Video
User 16	0.22	1.34	Upload File
User 17	0.19	0.30	Upload File

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 18	0.38	1.66	Upload File
User 19	0.39	1.40	Upload File
User 20	0.18	0.95	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan adanya variasi *bandwidth* yang didapat, namun sedikit lebih merata dibandingkan sebelum implementasi metode HTB yang ditunjukkan dalam Tabel 7. Penggunaan fitur *queue type* PCQ pada jaringan *hotspot* memungkinkan *bandwidth* sebesar 40 Mbps dialokasikan berdasarkan jumlah pengguna aktif pada jaringan *hotspot*.

Tabel 16. Hasil Parameter QoS *Hotspot* Sesudah HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	4458 Kbps	4	Ultra
Delay	2 ms	4	Sangat Bagus
Jitter	4 ms	3	Bagus
Packet Loss	0%	4	Sangat Baik

Hasil menunjukkan kualitas jaringan yang baik, di mana *throughput* mencapai 4458 Kbps dengan kategori ultra, *delay* dan *jitter* berada di angka 2 ms dengan kategori sangat bagus, serta *packet loss* 0% dengan kategori sangat baik.

4.5. Jaringan *Hotspot* dan LAN Aktif Bersamaan

Pengujian akan dilakukan secara terpisah pada sisi jaringan *hotspot* dan LAN yang aktif bersamaan.

a. Jaringan *Hotspot*

Pengujian dilakukan pada sisi jaringan *hotspot* saat aktif bersamaan dengan jaringan LAN.

Tabel 17. *Bandwidth Hotspot* saat Aktif Bersamaan Sesudah HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
User 1	0.22	0.48	Browsing
User 2	0.29	0.19	Browsing
User 3	0.66	0.24	Browsing
User 4	0.44	0.40	Browsing
User 5	0.32	0.21	Browsing
User 6	1.98	1.11	Download File
User 7	1.74	1.46	Download File
User 8	1.11	1.14	Download File
User 9	1.12	1.44	Download File
User 10	1.10	0.19	Download File
User 11	1.38	0.59	Streaming Video
User 12	0.30	0.24	Streaming Video
User 13	0.63	0.21	Streaming Video
User 14	0.81	0.13	Streaming Video
User 15	0.66	0.31	Streaming Video
User 16	0.21	0.23	Upload File
User 17	0.18	0.18	Upload File
User 18	0.20	0.30	Upload File
User 19	0.25	0.59	Upload File
User 20	0.18	0.91	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan *bandwidth* yang didapatkan beberapa user jika dibandingkan dengan Tabel 9, setelah penerapan HTB. Namun, terlihat *bandwidth* yang didapatkan oleh user berada di bawah kecepatan 2 Mbps dan semua perangkat berhasil mengakses sumber daya jaringan tanpa terkecuali.

Tabel 18. Hasil Parameter QoS *Hotspot* saat Aktif Bersamaan Sesudah HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	1525 Kbps	3	Sangat Baik
Delay	5 ms	4	Sangat Bagus
Jitter	9 ms	3	Bagus
Packet Loss	0%	4	Sangat Baik

Hasil perhitungan menunjukkan implementasi HTB menghasilkan kualitas layanan internet yang sangat baik untuk jaringan *hotspot* berdasarkan kategori parameter QoS yang diukur.

b. Jaringan LAN

Pengujian dilakukan pada sisi jaringan LAN saat aktif bersamaan dengan jaringan *hotspot*.

Tabel 19. *Bandwidth LAN* saat Aktif Bersamaan Sesudah HTB

Perangkat	Bandwidth (Mbps)		Aktivitas
	Download	Upload	
PC 1	1.88	1.86	Browsing
PC 2	2.69	0.41	Browsing
PC 3	0.30	1.33	Browsing
PC 4	0.89	0.43	Browsing
PC 5	1.09	1.07	Browsing
PC 6	1.33	1.83	Download File
PC 7	1.30	1.82	Download File
PC 8	1.23	1.88	Download File
PC 9	1.52	0.34	Download File
PC 10	1.57	2.66	Download File
PC 11	1.69	1.78	Streaming Video
PC 12	1.81	1.30	Streaming Video
PC 13	1.15	1.68	Streaming Video
PC 14	1.11	1.65	Streaming Video
PC 15	1.11	1.13	Streaming Video
PC 16	0.50	1.10	Upload File
PC 17	1.01	2.01	Upload File
PC 18	0.85	0.94	Upload File
PC 19	1.61	0.31	Upload File
PC 20	1.03	0.61	Upload File

Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap PC mendapatkan kecepatan *bandwidth* yang lebih baik dari sebelumnya, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 20 dan terjadi penurunan kecepatan pada aktivitas *download*, namun *bandwidth* yang didapatkan tetap berkisar antar nilai *max-limit* dan *limit-at* yang sudah ditentukan sebelumnya.

Tabel 20. Hasil Parameter Qos LAN saat Aktif Bersama Sesudah HTB

Parameter	Nilai	Indeks TIPHON	Kategori
Throughput	1292 Kbps	3	Sangat Baik
Delay	6 ms	4	Sangat Bagus
Jitter	11 ms	3	Bagus
Packet Loss	0,1%	4	Sangat Baik

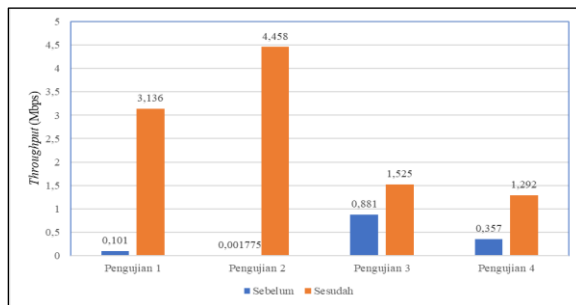
Hasil perhitungan menunjukkan implementasi HTB menghasilkan kualitas layanan internet yang sangat baik untuk jaringan LAN berdasarkan kategori parameter QoS yang diukur.

4.6. Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Implementasi Metode HTB

Hasil pengujian parameter QoS sebelum dan sesudah implementasi metode HTB disajikan dalam bentuk grafik dan tiap pengujian dikodekan menggunakan angka 1 sampai 11.

a. Throughput

Perbandingan nilai *throughput* ditunjukkan pada Gambar 4.

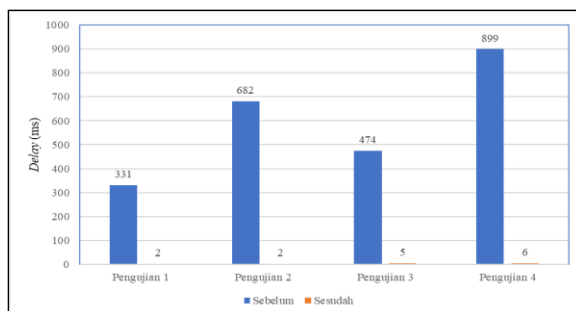


Gambar 4. Throughput

Terlihat peningkatan *throughput* yang signifikan setelah dilakukan implementasi metode HTB pada jaringan internet. Pada titik pengujian 1 hingga 4, nilai *throughput* sesudah implementasi selalu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nilai sebelum. Peningkatan ini menunjukkan bahwa implementasi metode HTB yang dilakukan telah berhasil meningkatkan kinerja jaringan secara drastis.

b. Delay

Perbandingan nilai *delay* ditunjukkan pada Gambar 5.

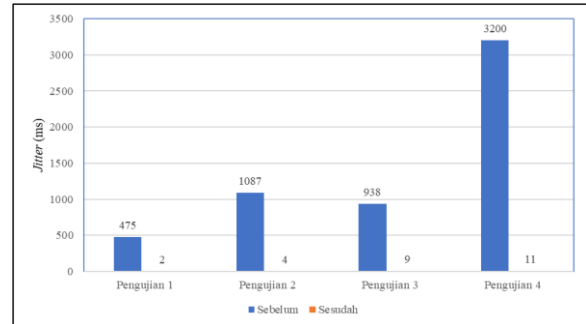


Gambar 5. Delay

Implementasi metode HTB pada jaringan internet telah menghasilkan penurunan *delay* yang sangat mencolok. Terlihat bahwa pada pengujian, *delay* setelah implementasi jauh lebih rendah dibandingkan kondisi sebelumnya.

c. Jitter

Perbandingan nilai *jitter* ditunjukkan pada Gambar 6.

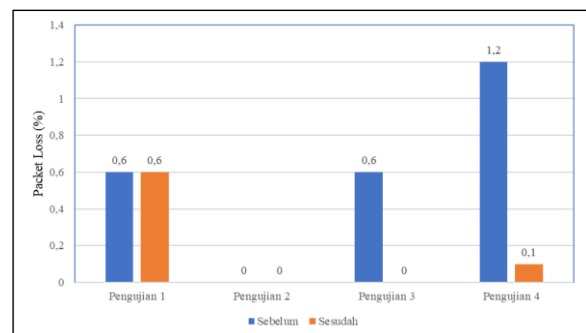


Gambar 6. Jitter

Terlihat sebelum implementasi metode HTB, jitter yang dihasilkan sangat tinggi dan bahkan mencapai 3200 ms. Namun, setelah implementasi, terlihat nilai jitter yang dihasilkan turun secara drastis dan bahkan berada pada 1 ms. Ini mengindikasikan bahwa implementasi metode HTB sangat efektif dalam menstabilkan waktu pengiriman paket data pada jaringan internet.

d. Packet Loss

Perbandingan nilai *packet loss* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Packet Loss

Terlihat jelas adanya penurunan *packet loss* yang signifikan setelah adanya implementasi metode HTB. Tidak ada pengujian yang menghasilkan *packet loss* lebih tinggi setelah adanya implementasi metode HTB. Hal ini mengindikasikan bahwa metode HTB sangat efektif dalam meminimalkan kehilangan paket data selama transmisi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) berhasil diimplementasikan di jaringan internet laboratorium TJKT II SMK Negeri 3 Maumere. Implementasi ini mampu mengoptimalkan alokasi *bandwidth* secara hierarkis ke dalam beberapa kelas, sehingga efektif meminimalkan konflik *bandwidth*. Hasilnya, terdapat peningkatan signifikan pada kualitas layanan jaringan, yang dibuktikan dengan perbedaan nilai parameter QoS sebelum dan sesudah penerapan. Selain itu, implementasi HTB juga secara efektif mendistribusikan *bandwidth* secara merata dan menjamin pembagian yang adil kepada seluruh pengguna. Untuk pengembangan ke depan, penelitian selanjutnya disarankan untuk mengimplementasikan metode HTB pada skala jaringan yang lebih besar dan kompleks. Apabila jaringan terus berkembang, penting untuk membandingkan metode HTB dengan metode manajemen *bandwidth* lain seperti *Class-Based Queuing* (CBQ) atau *Weighted Fair Queuing* (WFQ). Hal ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas dan efisiensi dari setiap metode dalam skala yang lebih luas. Dan pihak sekolah diharapkan dapat mempertimbangkan penerapan pembatasan platform seperti media sosial, judi online, dan situs pornografi selama kegiatan pembelajaran, sehingga mengurangi beban jaringan dan memastikan *bandwidth* sepenuhnya terfokus pada kegiatan pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. O. Sidqi, I. Fitri, dan N. D. Nathashia, "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA JARINGAN MIKROTIK," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 06, Jun 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.stkippgritulungagung.ac.id/index.php/jupi/article/view/1927/933>
- [2] H. Aspriyono dan A. Susanto, *Jaringan Komputer dan Perkembangannya*. Penerbit Andi, 2024. [Daring]. Tersedia pada: https://www.google.co.id/books/edition/Jaringan_Komputer_dan_Perkembangannya/WMkWEQAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [3] H. A. P, A. Solehudin, dan A. Rizal, "ANALISIS PERBANDINGAN QOS MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE SIMPLE QUEUE DAN HTB," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 9, Feb 2025, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/jati/article/view/12489/6949>
- [4] B. Widodo, "MANAJEMEN TRAFIK MENGGUNAKAN HTB UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS LAYANAN IP NETWORK," *Jurnal Sains Terapan*, vol. 11 (1), 2021, doi: 10.29244/jst.11.1.88 - 102.
- [5] F. I. Pamungkas, R. Satra, dan E. I. Alwi, "Perbandingan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dan Hierarchical Token Bucket (HTB)," vol. 2, no. 3, 2021.
- [6] M. Fadhli dan K. Ardiansyah, "Analisis Perbandingan Metode Simple Queue Dan Queue Tree Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Mikrotik SMKN 1 Al-Mubarkaya," *JNKTI*, vol. 7, no. 1, hlm. 80–88, Agu 2024, doi: 10.32672/jnkti.v7i1.8031.
- [7] Kurniawan, "Analisis QoS (Quality of Service) Jaringan Internet Kampus STMIK Pontianak," 2022.
- [8] E. Marza, "ANALISIS QUALITY OF SERVICE JARINGAN SELULER DI KOTA TAPAKTUAN KABUPATEN ACEH SELATAN," 2023.
- [9] R. Rosid, M. Martanto, dan I. Ali, "ANALISIS INTERNET NETWORK PERFORMANCE MENGGUNAKAN PARAMETER QUALITY OF SERVICE," *jati*, vol. 7, no. 1, hlm. 203–210, Feb 2023, doi: 10.36040/jati.v7i1.6252.
- [10] K. G. W. P. Putra, G. S. Santyadiputra, dan M. W. A. Kesiman, "Penerapan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Pada Layanan Hotspot Mikrotik Undiksha," *Com, Engine, Sys, Sci*, vol. 5, no. 1, hlm. 146, Jan 2020, doi: 10.24114/cess.v5i1.14959.
- [11] Y. Irawan, Herianto, S. Aisyah, dan Refni Wahyuni, "Analisa Prioritas Bandwidth Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Studi Kasus : SMK Taruna Mandiri Pekanbaru," *SATIN*, vol. 8, no. 1, hlm. 23–31, Jun 2022, doi: 10.33372/stn.v8i1.814.
- [12] B. Setiawan dan A. A. Slameto, "Penerapan Manajemen Bandwidth dan Web Filtering Pada Router Mikrotik Menggunakan Metode HTB," 2023.