

ANALYSIS OF MIKROTIK NETWORK *BANDWIDTH* MANAGEMENT USING THE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET METHOD AT THE SRIWIJAYA STATE POLYTECHNIC

ANALISIS MANAJEMEN *BANDWIDTH* JARINGAN MIKROTIK MENGGUNAKAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET DI POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

Kiara Sofia Syahrani¹, Suroso², Eka Susanti³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Kota Palembang

Email: 062140352375@student.polsri.ac.id¹, ssurroso25@gmail.com², ekasusanti@polsri.ac.id³

Abstract - This study seeks to evaluate the efficacy of the Hierarchical Token Bucket (HTB) approach in regulating Mikrotik network capacity at the Sriwijaya State Polytechnic Telecommunications Engineering Laboratory. The study encompasses the execution of HTB configuration using the WinBox program and the assessment of Quality of Service (QoS) in accordance with the TIPHON standard, utilising the Wireshark application. Testing was performed at three local network sites: the Student Laboratory, the Faculty Room, and the Inventory Room, utilising the Mikrotik RB-2011 device as the primary router. Assessments of four Quality of Service parameters—throughput, latency, packet loss, and jitter—were performed prior to and after the implementation of the Hierarchical Token Bucket technique. The QoS testing findings indicated that the use of HTB markedly enhanced the average throughput from 525 kbps to 1,321 kbps, concurrently diminishing the average delay and jitter from 16.90 ms to 3.68 ms. Despite a little escalation in packet loss from 0.07% to 0.6%, the outcomes remained under the Quality of Service categorisation criterion. This study offers novel insights due to an extended observation time and a greater volume of analysed packets relative to prior research. This research substantiates the findings that the HTB approach may efficiently regulate bandwidth and enhance network performance, especially in academic settings.

Keywords - Bandwidth Management, HTB, Mikrotik, Network, Quality of Service, Queue Tree.

Abstrak – Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam mengatur kapasitas jaringan Mikrotik di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian ini meliputi pelaksanaan konfigurasi HTB menggunakan program WinBox dan penilaian *Quality of Service* (QoS) sesuai dengan standar TIPHON yang memanfaatkan aplikasi Wireshark. Pengujian dilakukan di tiga lokasi jaringan lokal: Laboratorium Mahasiswa, Ruang Fakultas, dan Ruang Inventaris, dengan menggunakan perangkat Mikrotik RB-2011 sebagai router utama. Penilaian empat parameter *Quality of Service throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* dilakukan sebelum dan sesudah penerapan teknik *Hierarchical Token Bucket*. Hasil pengujian QoS menunjukkan bahwa penggunaan HTB secara nyata meningkatkan *throughput* rata-rata dari 525 kbps menjadi 1.321 kbps, secara bersamaan mengurangi rata-rata *delay* dan *jitter* dari 16,90 ms menjadi 3,68 ms. Meskipun terdapat sedikit peningkatan kehilangan paket dari 0,07% menjadi 0,6%, hasilnya tetap berada di bawah kriteria kategorisasi Kualitas Layanan. Studi ini memberikan wawasan baru berkat waktu observasi yang lebih lama dan volume paket yang dianalisis lebih besar dibandingkan penelitian sebelumnya. Penelitian ini memperkuat hasil bahwa pendekatan HTB dapat secara efisien mengatur bandwidth dan meningkatkan kinerja jaringan, terutama di lingkungan akademik.

Kata Kunci - HTB, Jaringan, Kualitas Layanan, Manajemen Bandwidth, Mikrotik, Queue Tree.

I. PENDAHULUAN

Dalam dua dekade terakhir, teknologi informasi dan komunikasi telah berkembang pesat. Penggunaan beragam aplikasi internet, seperti pembelajaran daring, konferensi video, layanan awan, dan aplikasi waktu nyata (*real-time*), membutuhkan jaringan yang mampu menangani lalu lintas data secara efisien. Peningkatan penggunaan *bandwidth* internet di kalangan civitas akademika menggarisbawahi perlunya manajemen jaringan yang efisien.

Politeknik Negeri Sriwijaya menghadapi tantangan distribusi *bandwidth*. Laboratorium Teknik Telekomunikasi memiliki jumlah pengguna aktif yang cukup tinggi, yaitu ± 120 *user* yang terdiri dari mahasiswa, dosen, dan staff laboratorium. Banyaknya perangkat yang terhubung secara bersamaan sering kali menyebabkan gangguan koneksi seperti keterlambatan akses dan penurunan kecepatan internet, terutama saat jam perkuliahan padat. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan serta peningkatan kapasitas *bandwidth* sangat diperlukan untuk menjaga kestabilan jaringan dan mendukung kelancaran aktivitas akademik yang mengandalkan koneksi internet. Pemanfaatan *bandwidth* yang tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan penurunan kualitas layanan jaringan dan akses *bandwidth* yang tidak merata bagi sebagian pengguna [1]. Manajemen *bandwidth* sangat penting untuk menjaga kualitas layanan jaringan dan menjamin bahwa setiap pengguna menerima alokasi *bandwidth* yang sesuai dengan prioritas dan kebutuhan mereka [2]. Optimalisasi pemanfaatan *bandwidth* sangat penting bagi administrator jaringan untuk menjamin penggunaan yang efisien dan memberikan layanan berkualitas kepada klien [3]. Lalu lintas jaringan internet yang padat dapat dimitigasi dengan menggunakan teknik antrean *bandwidth* pada router Mikrotik, terutama pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Teknik ini mendistribusikan *bandwidth* secara terstruktur di berbagai kelas, dengan penyesuaian yang dilakukan berdasarkan prioritas atau kebutuhan setiap pengguna [4]. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sejauh mana penerapan metode HTB mampu meningkatkan efektivitas manajemen *bandwidth* pada jaringan Mikrotik di Politeknik Negeri Sriwijaya. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh konfigurasi HTB terhadap pengalokasian *bandwidth* dan kestabilan koneksi jaringan. Sehingga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan dan pengelolaan jaringan Kampus yang lebih efisien dan adaptif terhadap kebutuhan aktivitas akademik.

II. SIGNIFIKASI STUDI

A. Studi Literatur

Manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB dilakukan dengan melalui teknik antrian yang memungkinkan peminjaman *bandwidth* antar kelas atau pengguna, sehingga alokasi *bandwidth* dapat disesuaikan secara dinamis berdasarkan tingkat kebutuhan dan prioritas yang telah ditentukan [5]. Pembatasan *bandwidth* menggunakan perangkat Mikrotik router merupakan metode yang relatif sederhana dan efisien untuk mengelola distribusi *bandwidth*, sehingga sangat cocok diterapkan oleh penyedia layanan internet dalam mengatur alokasi sumber daya jaringan[6]. HTB memungkinkan *bandwidth* yang tidak terpakai pada satu kelas dapat dialihkan secara dinamis ke kelas lain yang sedang membutuhkan, sehingga pemanfaatan sumber daya jaringan lebih efisien dan adaptif [7].

B. Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [8] Metode HTB diterapkan dengan penyesuaian ukuran bucket pada jaringan usaha AJ COMP. Penelitian ini melibatkan enam *user* sebagai sampel, masing-masing menggunakan paket layanan internet sebesar 8 Mbps. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika seluruh pelanggan mengakses

internet secara bersamaan, masing-masing memperoleh alokasi *bandwidth* sesuai dengan batas maksimum (*max limit*) yang telah ditetapkan pada level *child*. Selain itu, akumulasi dari seluruh *max limit* pada level *child* menghasilkan total yang sebanding dengan batas maksimum yang ditentukan pada level *parent*, yang mencerminkan kestabilan dan efektivitas pengaturan *bandwidth* melalui metode HTB [8]. Penelitian yang dilakukan oleh [9] menunjukkan bahwa parameter QoS, menunjukkan hasil yang baik dalam manajemen *bandwidth*. Penerapan metode HTB di Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, dinilai sangat efektif dalam meningkatkan kinerja jaringan.

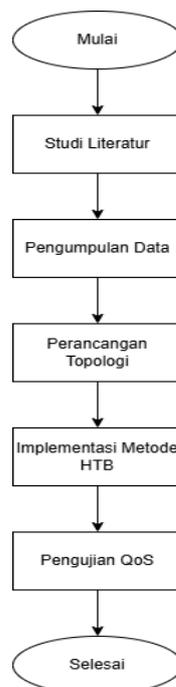
Secara bersamaan, evaluasi dua metodologi berbeda yang dilakukan oleh [1] menunjukkan bahwa pendekatan HTB menghasilkan nilai rata-rata yang lebih unggul dibandingkan dengan Simple Queue. HTB memiliki *throughput* yang jauh lebih besar (243,54%) dibandingkan dengan Simple Queue (60,32%), dan HTB menghasilkan nilai *delay* yang lebih rendah dibandingkan dengan Simple Queue, dengan perbedaan rata-rata penundaan sebesar 93,74 ms. Kemudian HTB memiliki nilai *packet loss* yang lebih kecil yaitu hanya 1.97%, sementara Simple Queue 3.49%. Dan parameter terakhir yaitu *Jitter* dengan rata-rata *jitter* HTB adalah 38.61 ms, sedangkan Simple Queue 134.46 ms. Semakin kecil nilai *Delay*, *Packet loss*, dan *jitter*, maka semakin bagus pula kualitas layanan jaringan internet yang digunakan. menjadikannya pilihan yang lebih efektif untuk manajemen *bandwidth* pada layanan hotspot Mikrotik terutama di Instansi Pendidikan.

C. Identifikasi Lokasi

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang telah dilakukan, didapatkan hasil analisis kebutuhan berupa struktur jaringan dan kebutuhan *bandwidth* yang dapat diimplementasikan di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya. Jaringan yang dirancang dibagi menjadi 3 jaringan lokal, yaitu Lab Telekomunikasi, Ruang Dosen, dan Inventory Lab.

D. Metode Penelitian

Berikut tahapan penelitian yang akan dilakukan dalam mengimplementasi dan analisa Manajemen *Bandwidth* di Politeknik Negeri Sriwijaya.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

1. Studi Literatur

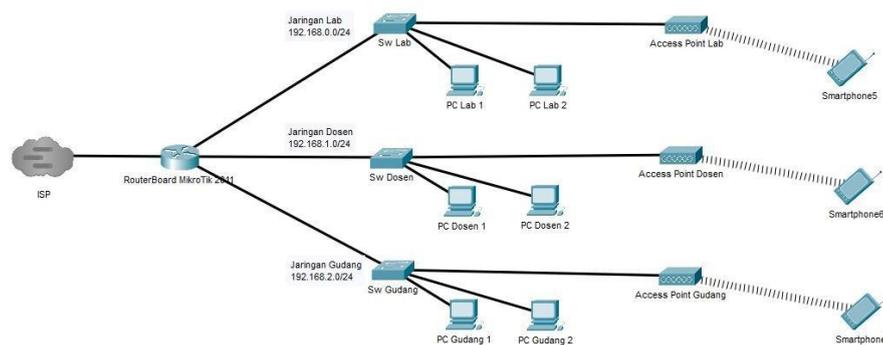
Tahap pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan berbagai referensi ilmiah yang relevan, seperti jurnal, buku, dan dokumen teknis. Tujuannya adalah untuk memahami teori-teori dasar terkait manajemen *bandwidth*, metode HTB, serta konsep dasar jaringan komputer dan QoS. Melalui studi literatur ini, diperoleh landasan yang kuat untuk merancang dan mengimplementasikan metode yang tepat dalam penelitian.

2. Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan jaringan, analisa permasalahan di lapangan, analisa struktur jaringan yang sudah ada di Politeknik Negeri Sriwijaya. Permasalahan yang terjadi di salah satu Gedung Pembelajaran yaitu Laboratorium Teknik Telekomunikasi adalah penggunaan internet yang tinggi dan trafik yang padat

3. Perancangan Topologi

Pada tahapan ini, akan disusun rancangan topologi jaringan Mikrotik yang akan dikembangkan. Desain ini disajikan dalam bentuk visual untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai struktur jaringan yang direncanakan, sehingga mempermudah proses implementasi dan memastikan kesesuaian dengan kebutuhan sistem yang akan dibangun.

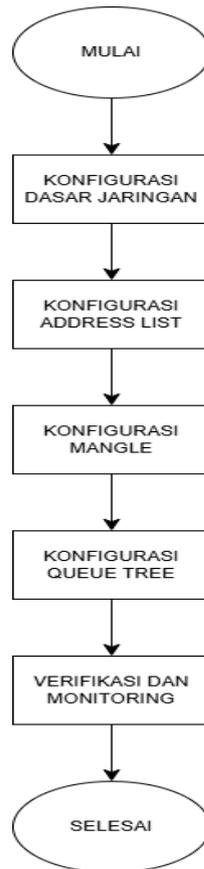


Gambar 2. Rancangan Topologi Jaringan Laboratorium Telekomunikasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa penelitian ini menggunakan pendekatan Topologi *Star*, di mana setiap jaringan lokal terhubung ke *router* utama yaitu Perangkat Mikrotik RB-2011UiAS-RM yang dijembatani oleh masing - masing *switch*. Kemudian *access point* TP-Link WA801ND digunakan untuk menghubungkan *user* ke dalam jaringan internet secara *wireless*.

4. Implementasi Metode Hierarchical Token Bucket

Implementasi melalui aplikasi Winbox dilakukan dengan Konfigurasi dasar jaringan, pembuatan *Address List*, membuat *Firewall Mangle* dengan Menandai *mark-connection* dan *mark-packet*, hingga pembentukan struktur *Queue Tree* untuk implementasi HTB. Proses ini dilakukan agar distribusi *bandwidth* bisa diatur secara lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan pengguna di Laboratorium Teknik Telekomunikasi.



Gambar 3. Alur Diagram Konfigurasi HTB

Metode HTB terdapat tiga jenis kelas utama, yaitu root, inner, dan leaf[6]. Pada pengujian ini, HTB menggunakan struktur antrian pohon / Queue Tree yang membagi bandwidth menjadi 3 child class yaitu Laboratorium, Ruang Dosen, Inventory.

Penerapan metode HTB melibatkan dua jenis rate limits yang berfungsi untuk membatasi penggunaan bandwidth secara merata di setiap kelas induk (parent). Dua jenis rate limits ini yaitu Limit-at dan Max-limit. Limit-at berfungsi sebagai batas minimum kecepatan trafik yang dijamin akan diterima oleh suatu antrian, bahkan dalam kondisi trafik jaringan yang padat [7]. Sedangkan, Max-limit adalah batas maksimal kecepatan trafik yang dapat diperoleh oleh antrian ketika kondisi jaringan tidak padat [9]. Pembagian Max-limit dan Limit-At pada penelitian ini dibagi seperti pada Tabel 1.

TABEL 1
PEMBAGIAN BANDWIDTH HTB

Nama	Parent	Priority	Limit-At	Max-Limit
Total-Download	Global			28M
Laboratorium	Lab-Parent-DL	1	12M	12M
Ruang Dosen	DS-Parent-DL	2	10M	10M
Ruang Inventory	Inv-Parent-DL	3	5M	5M
Total-Upload	Global-out			5M
Laboratorium	Lab-Parent-UP	1	2M	2M
Ruang Dosen	DS-Parent-UP	2	2M	2M
Ruang Inventory	Inv-Parent-UP	3	1M	1M

Tabel 1 merupakan rancangan pembagian *bandwidth* yang menunjukkan Limit-At dan Max-Limit yang diberikan *parent* untuk setiap *child class*. Pada Mikrotik, satuan *rate limit* pada umumnya adalah “bps” atau “bits per second”. Sehingga pada pengujian ini, digunakan satuan M atau “Megabits”. HTB memiliki prioritas 1 sampai 8, Dimana prioritas 1 adalah prioritas tertinggi, sedangkan prioritas 8 adalah prioritas paling rendah. Total-Download merupakan *parent* dari Laboratorium, Ruang Dosen, dan Ruang Inventory yang memiliki Max-Limit sebesar 28M. Max-Limit dari *parent* tersebut dibagi menjadi 3 berdasarkan prioritas *child class* dibawahnya, yaitu Laboratorium sebagai prioritas pertama yang mendapatkan Limit-At dan Max-Limit sebesar 12M, hal ini dikarenakan Laboratorium memiliki pengguna aktif paling banyak di setiap jadwal perkuliahan (Pagi, Siang, Malam) sehingga menjadikannya prioritas ke 1 dibandingkan dua *child class* lainnya. Hal ini berarti sisa *bandwidth* untuk download dari *parent* akan diberikan terlebih dahulu kepada Laboratorium kemudian sisanya diberikan kepada Ruang Dosen dan Ruang Inventory. Ruang Dosen mendapatkan Max-Limit sebesar 10Mbps, dan Inventory mendapatkan Max-Limit paling rendah yaitu 5Mbps. Total-Upload yang dimiliki oleh *parent* sebesar 5Mbps. Max-Limit yang dimiliki oleh *parent* tersebut diberikan kepada 3 *child class* dibawahnya. Laboratorium dan Ruang Dosen mendapatkan Max-Limit Upload yang sama yaitu sebesar 2M, sedangkan Ruang Inventory mendapatkan max-limit hanya 1M.

5. *Pengujian Quality Of Service*

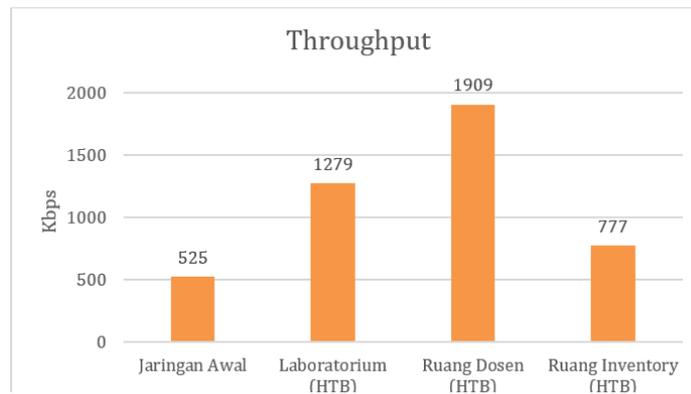
Tahapan terakhir adalah melakukan pengujian terhadap performa jaringan setelah metode HTB diterapkan. Konsep QoS dirancang untuk memastikan bahwa setiap aplikasi jaringan dapat berjalan dengan stabil dan andal, sehingga pengguna akhir (*end-user*) tetap dapat bekerja secara optimal dan produktif[10]. Pengujian terhadap kualitas layanan dilakukan dalam dua kondisi, yaitu sebelum dan setelah konfigurasi metode HTB. Selain itu, Pengujian ini dilakukan di 3 titik Laboratorium Telekomunikasi yaitu Ruang Laboratorium Mahasiswa, Ruang Dosen, dan Inventory. Pengujian dilakukan saat jam kerja pada pukul 10.00 – 12.00 WIB. Setiap jaringan akan diakses oleh 10 *end-user* secara bersamaan. Proses pengujian pertama menggunakan aplikasi Ookla yang bertujuan untuk mengukur kecepatan unggah (*upload*) dan unduh (*download*) guna memastikan apakah pembatasan *bandwidth* sudah berjalan, Kemudian dilanjutkan dengan pengujian parameter QoS menggunakan Aplikasi Wireshark dengan durasi pemantauan \pm 2-3 Menit guna memperoleh gambaran trafik jaringan pada masing-masing kondisi. Adapun Parameter QoS yang diuji berupa *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB pada layanan jaringan Mikrotik di Laboratorium Telekomunikasi dapat berjalan secara optimal. Pengujian dilakukan pada dua kondisi, yaitu sebelum (*pra-konfigurasi*) dan sesudah konfigurasi HTB dilakukan. Implementasi ini berhasil menghasilkan data yang diperlukan untuk mendukung proses pengujian terhadap kualitas layanan jaringan.

A. *Hasil Uji Throughput*

Throughput merupakan ukuran seberapa besar data yang berhasil dikirim dan diterima oleh tujuan dalam suatu periode waktu tertentu, yang mencerminkan efektivitas kinerja jaringan dalam mentransfer informasi secara sukses [11].



Gambar 4. Grafik Perbandingan *Throughput*

Gambar 4 menunjukkan perbandingan nilai *Throughput* sebelum dan setelah penerapan metode HTB. Peningkatan *Throughput* dipengaruhi oleh nilai *delay* yang rendah, semakin cepat waktu yang dibutuhkan paket untuk sampai ke tujuan, semakin tinggi nilai *throughput* yang didapatkan.

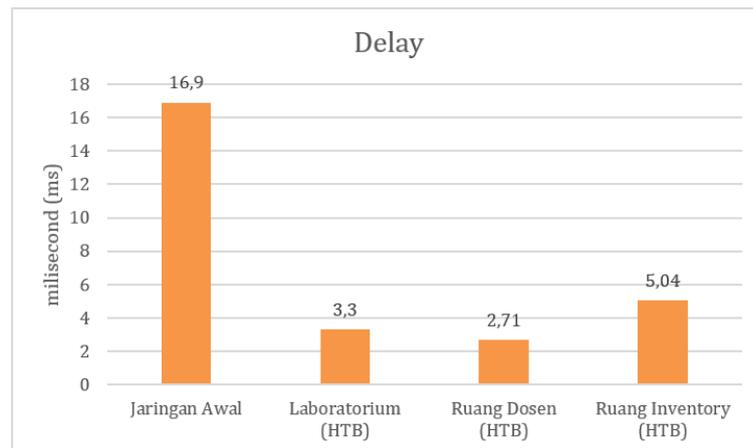
B. *Hasil Uji Delay*

Delay merupakan total waktu yang dibutuhkan oleh suatu paket data sejak dikirim dari sumber hingga tiba di tujuan. *Delay* mencakup *latency*, *delay* akses, dan *delay* transmisi [12].

TABEL 2
HASIL UJI *DELAY*

Nama	<i>Delay</i> (ms)	Index	Kategori
Lab Mahasiswa	3,30 ms	4	Sangat Baik
Ruang Dosen	2,71 ms	4	Sangat Baik
Ruang Inventory	5,04 ms	4	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 2, Rata – rata nilai *delay* yang didapatkan setelah implementasi HTB masuk dalam kategori “Sangat Baik” dengan selisih nilai *delay* yang jauh lebih kecil dibandingkan nilai *delay* pada pengujian awal. Pada pengujian awal sebelum manajemen *bandwidth*, nilai *delay* yang didapatkan sebesar 16,90 ms. Menurut klasifikasi *Delay* yang ditetapkan oleh TIPHON, Nilai ini masuk kedalam kategori “Sangat Baik” karena berada kurang dari 150 ms. Nilai ini menunjukkan adanya waktu tunda yang cukup tinggi dalam proses pengiriman data, yang berpotensi mengganggu kenyamanan pengguna terutama dalam aplikasi *real-time* seperti video conference atau VoIP. Nilai ini tercatat lebih tinggi daripada *Delay* yang diperoleh setelah pengalokasian *bandwidth* menggunakan Metode HTB.

Gambar 5. Grafik Perbandingan *Delay*

Gambar 5 menunjukkan bahwa setelah dilakukan manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB, terjadi penurunan delay secara drastis di seluruh segmen jaringan. Pada jaringan Laboratorium, delay menurun menjadi 3,3 ms. Ruang Dosen mencatat nilai delay terendah, yaitu sebesar 2,71 ms. Sementara itu, jaringan pada Ruang Inventory menunjukkan delay sebesar 5,04 ms. Meskipun sedikit lebih tinggi dibandingkan dua lokasi lainnya, nilai ini masih jauh lebih rendah dibandingkan delay pada kondisi awal jaringan. Penurunan nilai delay ini menandakan bahwa metode HTB mampu mengoptimalkan pengelolaan bandwidth secara efektif, sehingga proses transmisi data menjadi lebih cepat dan efisien.

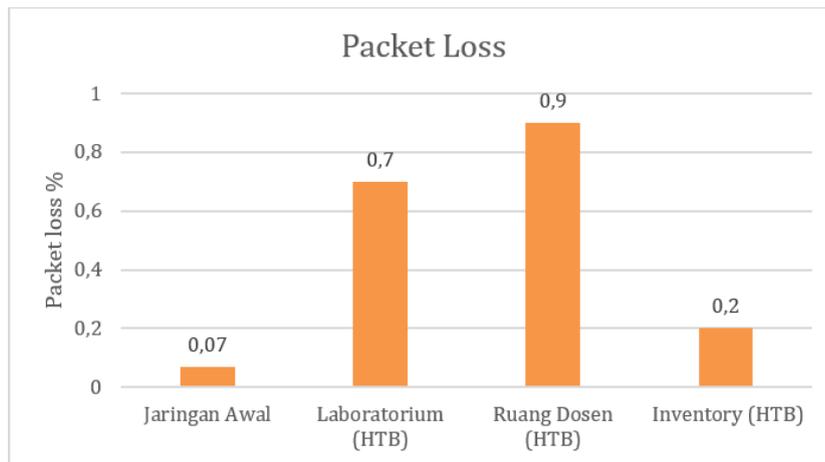
C. Hasil Uji Packet Loss

Packet Loss adalah jumlah keseluruhan paket data yang gagal mencapai tujuan selama proses transmisi di jaringan. *Packet Loss* biasanya disebabkan oleh beberapa faktor, seperti terjadinya tabrakan antar paket akibat *traffic* data yang terlalu padat, atau karena masa hidup paket (*Time To Live/TLL*) telah habis sebelum paket berhasil diteruskan ke alamat tujuan [13].

TABEL 3
HASIL UJI PACKET LOSS

Nama	Packet Loss (%)	Index	Kategori
Lab Mahasiswa	0,7 %	4	Sangat Baik
Ruang Dosen	0,9 %	4	Sangat Baik
Ruang Inventory	0,2 %	4	Sangat Baik

Pada kondisi awal jaringan, nilai *packet loss* tercatat sangat rendah, yaitu sebesar 0,07%, yang mencerminkan kualitas transmisi data yang cukup baik dengan sedikit kehilangan paket selama proses pengiriman. Namun seperti dilihat pada tabel 4, *packet loss* Di jaringan Laboratorium meningkat menjadi 0,7%, sedangkan di Ruang Dosen mencapai angka tertinggi yaitu 0,9%. Sementara itu, Ruang Inventory mencatat nilai *packet loss* sebesar 0,2%, yang masih tergolong rendah dibandingkan dua lokasi lainnya.

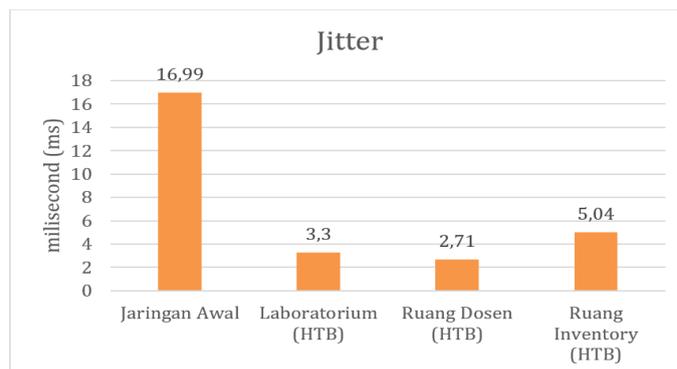


Gambar 6. Grafik Perbandingan Nilai *Packet Loss*

Pada grafik perbandingan, setelah penerapan metode HTB nilai *packet loss* menunjukkan peningkatan yang bervariasi di tiap segmen jaringan. *packet loss* yang terjadi masih berada dalam batas toleransi untuk jaringan lokal, khususnya jika dibandingkan dengan QoS untuk layanan *non-real-time*. Oleh karena itu, meskipun terjadi sedikit peningkatan nilai *packet loss*, penerapan metode HTB tetap dapat dianggap efektif karena memberikan peningkatan yang cukup signifikan pada parameter QoS lainnya, seperti *throughput* dan *delay*. Peningkatan nilai *packet loss* ini disebabkan oleh pembatasan *bandwidth* yang diterapkan oleh metode HTB, yang secara tidak langsung mempengaruhi kapasitas transmisi data, terutama ketika kapasitas trafik mendekati batas maksimum yang telah ditentukan. Selain itu, Jaringan Internet yang tidak stabil, Kondisi Cuaca saat pengujian dan trafik yang *Overload* juga mempengaruhi nilai *packet loss*.

D. Hasil Uji Jitter

Parameter Terakhir yang di uji yaitu *Jitter*. *Jitter* adalah perbedaan waktu kedatangan antar paket data saat dikirim melalui jaringan [14].



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai *Jitter*

Berdasarkan gambar 7, nilai *jitter* pada jaringan menunjukkan penurunan signifikan setelah diterapkannya metode manajemen *bandwidth* menggunakan *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Pada kondisi awal jaringan, *jitter* tercatat sebesar 16,99 ms, yang menunjukkan fluktuasi waktu pengiriman paket yang cukup tinggi. Kondisi ini dapat menyebabkan gangguan pada layanan yang sensitif terhadap perubahan waktu, seperti komunikasi suara dan video streaming.

TABEL 4
HASIL PENGUJIAN JITTER

Nama	Jitter (ms)	Index	Kategori
Lab Mahasiswa	3,30 ms	3	Baik
Ruang Dosen	2,71 ms	3	Baik
Ruang Inventory	5,04 ms	3	Baik

Kemudian pada Tabel 4, Setelah metode HTB diterapkan, terlihat bahwa nilai *jitter* menurun drastis di seluruh segmen jaringan yang diuji. Di Laboratorium, *jitter* berkurang menjadi 3,3 ms, sedangkan di Ruang Dosen nilainya lebih rendah, yaitu 2,71 ms. Ruang Inventory mencatat *jitter* sebesar 5,04 ms. Meskipun *Jitter* di Ruang Inventory masih lebih tinggi dibandingkan dua lokasi lainnya, namun tetap menunjukkan peningkatan yang signifikan dibandingkan pada kondisi awal. Penurunan nilai *jitter* ini menunjukkan bahwa metode HTB mampu mengatur aliran data secara lebih teratur dan stabil, sehingga variasi waktu antar pengiriman paket menjadi lebih konsisten. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penerapan metode HTB tidak hanya berdampak positif terhadap parameter *throughput* dan *delay*, tetapi juga mampu meningkatkan kestabilan jaringan dalam hal *jitter*. Hal ini penting untuk menjamin kualitas layanan jaringan, khususnya pada aplikasi real-time yang sangat bergantung pada kestabilan waktu transmisi data.

IV. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan dari penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* pada Jaringan mikrotik di Laboratorium Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Sriwijaya yaitu:

1. Jaringan Mikrotik yang diimplementasikan Metode HTB berhasil mengatasi lag yang sebelumnya dirasakan oleh para pengguna khususnya bagi para mahasiswa Teknik Telekomunikasi dengan mengurangi *delay* dan meningkatkan *throughput*.
2. Hasil pengujian terhadap empat parameter utama QoS, yaitu *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*, mengungkapkan bahwa implementasi metode HTB berhasil memperbaiki performa jaringan. Nilai *throughput* yang sebelumnya tergolong rendah yaitu 525 Kbps meningkat secara signifikan. Penurunan nilai rata – rata *delay* dan *jitter* dari 16,90 ms turun menjadi 3,68 ms. Meskipun terjadi peningkatan kecil pada nilai *packet loss* setelah penerapan HTB yaitu dari 0,07% menjadi rata – rata 0,6%. Nilai ini masih berada dalam batas yang dapat ditoleransi dan tidak berdampak signifikan terhadap kualitas layanan.
3. Penelitian manajemen *bandwidth* dengan metode HTB dapat dikembangkan di jaringan yang lebih luas dengan menggunakan Mikrotik dengan lisensi level yang lebih tinggi.
4. Pengujian Metode HTB sebaiknya menggunakan jumlah *user* yang lebih banyak dan waktu pemantauan yang lebih lama untuk mendapatkan hasil pengukuran yang lebih akurat.

REFERENSI

- [1] K. Gede, W. P. Putra, G. S. Santyadiputra, M. Windu, dan A. Kesiman, “Penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket pada layanan hotspot Mikrotik Undiksha,” 2020.
- [2] E. Arfan Sugandi, D. Juardi, Z. A. Ridha, U. Singaperbangsa Karawang, dan K. Jawa Barat, “Implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dalam manajemen bandwidth jaringan internet (studi kasus kantor desa Sumber Sari),” 2023.
- [3] V. Y. P. Ardhana dan M. D. Mulyodiputro, “Analisis Quality of Service (QoS) jaringan internet universitas menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB),” *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 70–76, Apr. 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i2.257.
- [4] A. Z. Fadilah, R. R. Saedudin, Y. Kurnia, dan S. Hedyanto, “Analisis simulasi manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk meningkatkan Quality of Service (QoS),” Okt. 2021.
- [5] Armanto dan N. K. Daulay, “Analisis Quality of Service (QoS) pada jaringan internet di Universitas Bina Insan Lubuklinggau menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB),” *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, vol. 3, pp. 8–13, 2020.
- [6] T. O. Sidqi, dkk., “Implementasi manajemen bandwidth menggunakan metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada jaringan Mikrotik.”
- [7] A. Maulana, “Penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB),” 2022.
- [8] M. H. Andhika, A. Solehudin, dan D. Juardi, “Manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan penambahan bucket size (studi kasus: usaha AJ Comp),” vol. 15, no. 1, pp. 9–15, 2022. [Online]. Available: <http://journal.stekom.ac.id/index.php/elkom/page9>
- [9] Y. B. Pello dan R. Efendi, “Analisis Quality of Service menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (studi kasus: FTI UKSW),” *Jurnal Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 3, 2021, doi: 10.33387/jiko.
- [10] B. Widodo, “Manajemen trafik menggunakan HTB untuk meningkatkan kualitas layanan IP network (traffic management using HTB to improve IP network service quality),” *Jurnal Sains Terapan*, vol. 11, no. 1, pp. 88–103, 2021, doi: 10.29244/jst.11.1.88.
- [11] C. S. Rotua, K. S. Syahrani, dan A. Adriansyah, “Analisis pengujian Quality of Service provider 4G LTE pada smartphone Android di Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya,” doi: 10.5281/zenodo.10878572.
- [12] Suroso, Ciksadan, dan Sholihatun, “Analisis Quality of Service video streaming YouTube dan RMA WLAN di Politeknik Negeri Sriwijaya,” Palembang, Nov. 2020, doi: <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i2.9068>.
- [13] D. Muhammad Tulloh, M. F. Duskarnaen, dan H. Ajie, “Analisis jaringan akses internet menggunakan Mikrotik Router OS di SMK Tunas Harapan dengan optimalisasi load balancing menggunakan parameter QoS (Quality of Service),” Jun. 2020, doi: <http://doi.org.10.21009/pinter.4.1.9>.
- [14] A. C. Nurcahyo, dkk., “Implementasi dan analisis metode Hierarchical Token Bucket pada manajemen bandwidth jaringan (studi kasus: jaringan Rektorat Institut Shanti Bhuana),” *JIFOTECH (Journal of Information Technology)*, vol. 1, no. 2, 2021.
- [15] A. Adriansyah, S. Soim, dan A. Aryanti, “Implementation of 5G Standalone Private Network for UHD Video Streaming,” *MITOR: Jurnal Teknik Elektro*.