

Manajemen Bandwidth Menggunakan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) (Studi Kasus: PT. Orion Cyber Internet)



Notifikasi Penulis

29 Mei 2023

Akhir Revisi

8 Juli 2023

Terbit

01 Agustus 2023

Hotman Samuel Simarmata¹

Indrastanti R. Widiyari²

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711, Indonesia

E-mail: 672017262@student.uksw.edu¹; indrastanti.widiyari@uksw.edu²;

Simarmata, H. S., & Widiyari, I. R. (2023). Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket (HTB) (Studi Kasus: PT. Orion Cyber Internet). *Technomedia Journal*, 8(2SP), 248–260.

<https://doi.org/10.33050/tmj.v8i2SP.2078>

ABSTRAK

Internet sekarang sudah menjadi salah satu kebutuhan manusia. Oleh karena itu manajemen bandwidth saat ini menjadi hal penting terutama bagi tempat-tempat yang memiliki bandwidth yang terbatas. Manajemen bandwidth sendiri memiliki beberapa metode untuk penerapannya, penerapan metode manajemen bandwidth dilakukan berdasarkan kebutuhan user dan ketersediaan bandwidth. Tujuan dari studi ini adalah pengelolaan bandwidth dengan menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) yang diimplementasikan di jaringan komputer PT. Orion Cyber Internet agar para user mendapatkan bandwidth secara merata dan sesuai kebutuhan. Parameter yang dipakai dalam studi ini adalah metode dari Quality of Service (QoS) yaitu packet loss, throughput, delay, dan jitter. Sebagai pembanding dalam studi ini menggunakan metode simple queue. Dalam melakukan pengujian menggunakan aplikasi wireshark. Hasil dari pengujian ini mendapatkan hasil bahwa metode HTB lebih bagus daripada metode simple queue.

Kata kunci: Manajemen bandwidth, HTB, QoS



ABSTRACT

Internet at this time has become one of the human needs. Therefore, bandwidth management is now important, especially for places with limited bandwidth. Bandwidth management itself has several methods for its implementation. The application of bandwidth management methods is carried out based on user needs and bandwidth availability. The purpose of this research is bandwidth management using the Hierarchical Token Bucket (HTB) method implemented in the PT computer network. Orion Cyber Internet so that users get bandwidth evenly and as needed. Parameters used in this study using the Quality of Service (QoS) method are packet loss, throughput, delay, and jitter. As a comparison in this study using the simple queue method. In testing using the Wireshark application. The results of this test show that the HTB method is better than the simple queue method.

Keywords: *Bandwidth management, HTB, QoS*

PENDAHULUAN

Internet dapat didefinisikan sebagai sistem jaringan komputer yang menghubungkan semua komputer di seluruh dunia [1]. Banyaknya orang yang menganggap internet sebagai kebutuhan dasar saat ini [2]. Perkembangan jaringan internet yang semakin berkembang, maka diperlukan suatu manajemen agar para *user* merasa nyaman saat menggunakan jaringan internet [3]. Pentingnya pengelolaan *bandwidth* menjadi sangat signifikan, terutama pada jaringan dengan kapasitas *bandwidth* yang terbatas [4]. Pengelolaan *bandwidth* yang efektif dapat memaksimalkan pengaksesan data sehingga *user* akan merasa nyaman dalam mengakses internet [5]. Hal - hal yang biasanya menyebabkan terjadinya penurunan *bandwidth* adalah banyaknya *user*, sehingga akan terjadi saling berebut *bandwidth* antar *user* [6]. Selain banyaknya *user* aktivitas video *streaming*, *download* dan *upload* yang dilakukan oleh *user* dapat menyebabkan terjadinya penurunan *bandwidth* karena akan menggunakan trafik yang tinggi [7].

PT. Orion Cyber Internet ialah perusahaan yang menyediakan jasa ISP (Internet Service Provider) yang berada di Jakarta [8]. PT. Orion Cyber Internet menggunakan server berbasis Mikrotik RouterOS yang memiliki berbagai metode manajemen *bandwidth* seperti HTB (*Hierarchical Token Bucket*), *simple queue*, PCQ (*Per Connection Queue*), PFIFO (*Packet First In First Out*), BFIFO (*Bytes First In First Out*) dll [9]. Penerapan manajemen *bandwidth* untuk meningkatkan *Quality of Service* (QoS) diharapkan dapat menyelesaikan masalah pemakaian *bandwidth* yang over kapasitas, agar setiap *user* yang menggunakan jaringan yang sama dapat merasakan stabilitas kualitas internet [10]. Banyaknya metode yang bisa digunakan dikarenakan untuk menyesuaikan dengan kebutuhan *user* dan ketersediaan *bandwidth*, sehingga memilih manajemen *bandwidth* yang tepat perlu dilakukan [11]. Bila tidak memilih manajemen *bandwidth* dengan tepat maka akan terjadi masalah yang menyebabkan *bandwidth* yang diterima antar *user* menjadi tidak adil [12]. Masalah ini tentunya dapat menghambat *user* dalam melakukan berbagai kegiatan yang membutuhkan internet [13].

Dalam studi dengan judul "*Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket*", membahas mengenai manajemen yang efektif di mana algoritma ini mengimplementasikan taat antrian yang memiliki keunggulan dalam membatasi lalu lintas

pada setiap tingkat atau klasifikasi, menjadikan *bandwidth* yang tidak terpakai oleh tingkat yang lebih tinggi dapat dipakai oleh tingkat yang dibawah [14].

Dalam studi yang berjudul "Analisis Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Per Connection Queue* (PCQ) dengan *Authentikasi RADIUS*", membahas pentingnya pengelolaan *bandwidth* dalam mengatur alokasi *bandwidth* yang akan disalurkan kepada pemakai untuk mencegah persaingan dalam pemakaian *bandwidth* yang ada di jaringan Universitas Islam Riau [15].

Dalam studi yang berjudul "Implementasi Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* pada Jaringan Internet", membahas mengenai implementasi pengelolaan *bandwidth* dengan menerapkan metode *queue tree* yang dapat menjaga stabilitas lalu lintas jaringan dengan membagi *bandwidth* secara merata [16]. Metode ini juga memungkinkan alokasi *bandwidth* dengan prioritas dan penggunaan yang tepat untuk kecepatan unduh dan unggah, sehingga pengguna jaringan tidak saling bersaing untuk memperoleh *bandwidth* yang tersedia [17].

Dalam studi dengan judul "Penerapan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* Pada Layanan Hotspot Mikrotik UNDIKSHA", membahas tentang analisis mutu pelayanan internet melalui parameter *Quality of Service* (QoS) yang diimplementasikan dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) [18]. Studi ini menerapkan pendekatan *Network Development Life Cycle* (NDLC), yang melibatkan berbagai langkah seperti analisis, desain, simulasi, implementasi, monitoring, dan manajemen [19].

Dalam studi dengan judul "Implementasi Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode HTB (*Hierarchical Token Bucket*) pada Jaringan Mikrotik", membahas tentang pengaturan dan jadwal kecepatan internet dengan menerapkan metode HTB (*Hierarchical Token Bucket*) pada jaringan Mikrotik [20]. Metode ini beroperasi menggunakan *bandwidth* yang dibagi ke dalam kelas-kelas yang terdiri dari *class parent* [21].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya terkait beberapa metode manajemen *bandwidth*, maka akan dilakukan penelitian yang membahas tentang manajemen *bandwidth* di PT. Orion Cyber Internet [22]. Metode HTB (*Hierarchical Token Bucket*) akan digunakan dalam manajemen *bandwidth* dan menggunakan *tools* dari WinBox Mikrotik [23].

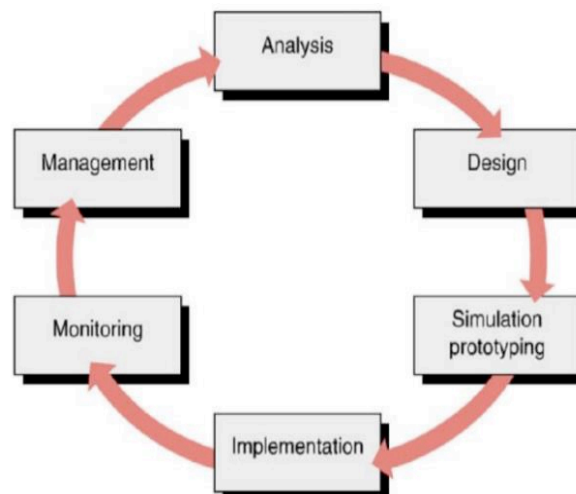
PERMASALAHAN

Penelitian ini menghadapi beberapa permasalahan yang dapat diidentifikasi. Pertama, penelitian tidak memberikan batasan ruang lingkup yang jelas, seperti jumlah pengguna, karakteristik jaringan, atau informasi rinci tentang PT. Orion Cyber Internet yang menjadi subjek penelitian. Keterbatasan data dan informasi semacam ini dapat mengurangi interpretasi hasil dan generalisasi temuan penelitian. Kedua, penelitian tidak memberikan penjelasan yang mendalam mengenai metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *simple queue* yang digunakan. Penjelasan lebih rinci tentang cara kerja kedua metode tersebut akan membantu pembaca memahami mengapa HTB dianggap lebih efektif. Selain itu, penelitian hanya menggunakan beberapa parameter *Quality of Service* (QoS) untuk menilai kinerja metode, sementara tidak mencakup semua aspek penting dalam evaluasi manajemen *bandwidth*. Tidak adanya analisis statistik juga membuat penilaian terhadap perbedaan hasil menjadi kurang meyakinkan. Selanjutnya, penelitian tidak membandingkan metode HTB dengan metode

lainnya, yang dapat memberikan gambaran yang lebih lengkap tentang kinerja mereka. Pengujian dalam skenario yang berbeda dan dampak penerapan metode HTB terhadap pengguna lain dalam jaringan juga tidak dipertimbangkan. Akhirnya, penelitian ini tidak menawarkan rekomendasi atau upaya perbaikan untuk meningkatkan kinerja metode yang diteliti. Sebuah tinjauan literatur yang lebih mendalam juga diperlukan untuk memberikan landasan yang kuat bagi penelitian ini dan mengontribusikan pengetahuan yang ada. Dengan mengatasi permasalahan-permasalahan ini, penelitian ini dapat menghasilkan temuan yang lebih kuat dan relevan bagi pengembangan manajemen bandwidth di masa depan..

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam studi ini ialah *Network Development Life Cycle* (NDLC) yang diterapkan untuk metode HTB, melewati serangkaian fase termasuk pengujian, perencanaan, percobaan, pelaksanaan, pengawasan, dan pengelolaan [24]. NDLC adalah suatu pendekatan yang mengandalkan jaringan sebelumnya yang dibangun kembali, seperti merancang strategi bisnis, siklus mengembangkan aplikasi, dan validasi penyaluran data [25].



Gambar 1. Metode Penelitian

1.1 Analysis

Pada fase analisis ialah mengumpulkan data yang diperlukan untuk merumuskan pertanyaan dalam mengatasi masalah yang muncul [26]. Tahap ini meliputi analisis keperluan, kendala yang ada, harapan pengguna, dan struktur jaringan yang telah ada [27]. Tujuan dari tahap ini adalah mengidentifikasi sistem yang sedang berjalan dan menganalisis jenis pengembangan sistem yang akan diperbaiki [28].

1.2 Design

Selanjutnya perencanaan dilakukan setelah melalui tahap analisis dari data yang telah dikumpulkan yang diharapkan dapat memberikan gambaran-gambaran yang dapat memenuhi kebutuhan yang ada *design layout* perkabelan, dan lainnya yang akan menjelaskan tentang proyek yang ingin dibuat [29].

1.3 Simulation

Pada tahap ini, dilakukan pengembangan jaringan dalam fase percobaan menggunakan alat bantu winbox [30]. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memantau kinerja jaringan yang akan dibangun serta sebagai materi presentasi dan berbagi informasi dengan pengembangan sistem jaringan. Dalam tahap simulasi, akan diterapkan metode HTB untuk mendistribusikan

pengguna menggunakan *queue tree*. Selanjutnya, dalam rancangan di atas, metode HTB melibatkan pembuatan *firewall mangle* dengan menandai *Mark-Connection* dan *Mark-Packet*. Tujuan dalam fase ini ialah mengatur akses internet dengan menandai lalu lintas yang akan dilalui. Selain itu, tahap ini juga melibatkan klasifikasi jenis lalu lintas, seperti kelas lalu lintas unduhan dan kelas lalu lintas streaming. Untuk tahap ini, digunakan fitur Firewall mangle pada RouterOS mikrotik. Tahapan ini bertujuan menjelaskan tiap paket dalam aliran sumber koneksi yang terhubung ke router untuk diteruskan secara lebih spesifik.

Selanjutnya, tahapan desain pendistribusian *bandwidth* dilakukan menurut metode HTB. Peneliti akan merancang pendistribusian *bandwidth* dengan mempertimbangkan dua batasan yang ada pada RouterOS, yaitu CIR (*Committed Information Rate*) dan MIR (*Maximal Information Rate*). Selain itu, peneliti akan menetapkan prioritas terhadap setiap kriteria pengguna.

Tahap simulasi kedua ialah pengujian metode manajemen *bandwidth* dengan empat variabel *Quality of Service*. Dalam pengujian ini, dilakukan pengukuran *bandwidth* dan variabel *Quality of Service* menggunakan klien yang telah disiapkan, serta menggunakan dua cara pengelolaan kapasitas jalur yang telah dikonfigurasi pada router mikrotik. Pengujian dilakukan pada banyaknya pengguna dan besaran paket data yang sama. Variabel *Quality of Service* yang diukur meliputi:

1.3.1 Packet Loss

Packet loss adalah proporsi paket yang menghilang saat mendistribusikan data. Ini terjadi karena beberapa penyebab, seperti rendahnya kualitas sinyal, kesalahan yang terjadi pada *hardware* jaringan, atau dampak radiasi yang berasal dari keadaan disekitarnya [15]. Berikut ini adalah penghitungan kehilangan paket dan tabel yang menunjukkan angka-angka *packet loss* :

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket Data Dikirim} - \text{Paket Data Diterima}}{\text{Paket Data Yang Dikirim}} \times 100\%$$

Gambar 2. Perhitungan packet loss

Tabel 1. *Packet Loss*

KATEGORI DEGREDAASI	PACKET LOSS
Sangat bagus	0
Bagus	3%
Sedang	15%
Jelek	25%

1.3.2 Throughput

Throughput ialah ukuran nyata dari *bandwidth* yang dapat diukur dalam satu periode saat mengirimkan *file*. Meskipun satuan yang digunakan sama dengan *bandwidth*, yaitu *bits per second* (bps), *throughput* lebih mencerminkan *bandwidth* yang sesungguhnya pada periode tertentu dan dalam keadaan serta jaringan yang

spesifik dipakai untuk *men-download file* dengan ukuran tertentu. Berikut cara menghitung *throughput* dan tabel besaran dari *throughput*:

Gambar 3. Perhitungan *Throughput*

$$Throughput = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama pengamatan}}$$

$$\% Throughput = \frac{\text{Throughput}}{\text{Alokasi bandwidth user}} \times 100\%$$

Tabel 2. *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (%)	Indeks
Sangat bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	< 25%	1

1.3.3 Delay

Delay adalah periode yang dibutuhkan bagi sebuah paket untuk dikirim dari satu komputer ke komputer tujuan. Antrean yang panjang atau penggunaan jalur alternatif dalam *routing* menyebabkan terjadinya *delay* dalam proses transmisi paket di dalam jaringan komputer [15]. Berikut cara menghitung rata-rata *delay* dan tabel besaran dari *delay*.

Gambar 4. Perhitungan *Delay*

$$\text{Delay Rata - Rata} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Packet Yang Diterima}}$$

Tabel 3. *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 ms - 300 ms	3
Sedang	300 ms - 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

1.3.4 Jitter

Jitter adalah perbedaan atau variasi diantara *delay* pertama dan berikutnya dalam suatu transmisi. Apabila terjadi variasi *delay* yang signifikan dalam proses transmisi, hal tersebut dapat berdampak pada kualitas data yang sedang ditransmisikan. Tingkat toleransi *jitter* dalam jaringan dipengaruhi oleh kapasitas *buffer jitter* yang ada

pada perangkat jaringan. Berikut cara menghitung rata-rata jitter dan tabel besaran dari jitter:

Gambar 5. Perhitungan *Jitter*

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket Data Yang Diterima}} = \frac{(\text{Delay} - (\text{Rata} - \text{Rata Delay}))}{\text{Total Paket Data Yang Diterima}}$$

Tabel 4. *Jitter*

Kategori <i>Jitter</i>	<i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms - 75 ms	3
Sedang	75 ms - 125 ms	2
Jelek	125 ms - 225 ms	1

Pengukuran *Packet Loss*, *Delay*, *Jitter* dan *Throughput* akan dilakukan menggunakan rumus yang sesuai dengan tiap-tiap variabel, dan hasil akhir akan dibandingkan dengan tabel standar TIPHON. Tahapan ini akan melibatkan dua keadaan yang digunakan oleh peneliti, yaitu kondisi minimum pengguna dan kondisi maksimum pengguna. Kondisi minimum pengguna merujuk pada situasi di mana hanya sedikit klien yang terkoneksi ke fasilitas hotspot mikrotik dan beraktivitas internet, atau dapat dikategorikan sebagai lalu lintas yang ringan. Sementara itu, kondisi maksimum pengguna merupakan situasi sebaliknya dari kondisi minimum pengguna, atau dapat dikatakan sebagai lalu lintas yang padat.

1.4 Implementation

Tahap ini akan memerlukan waktu yang lama karena melibatkan implementasi dari seluruh rencana yang telah dipersiapkan. Pada fase ini juga akan ditentukan keberhasilan atau kegagalan penerapan HTB dan pengujian QoS. Pengujian dilakukan dengan melibatkan 10 pengguna yang telah disiapkan, dan implementasi akan berjalan lancar asalkan semua konfigurasi berjalan dengan baik.

1.5 Monitoring

Fase ini mencakup analisis konfigurasi dari dua cara pengelolaan *bandwidth* serta pengujian *bandwidth* dan empat variabel *Quality of Service* (*packet loss*, *jitter*, *delay*, dan *throughput*). Pengujian metode dilaksanakan sesudah konfigurasi *Simple Queue* dan *Hierarchical Token Bucket* selesai. Selanjutnya, dilakukan percobaan terhadap *bandwidth* dan beberapa parameter QoS. Untuk memastikan kondisi internet lebih stabil, waktu pengujian akan dilakukan pada malam hari.

1.6 Management

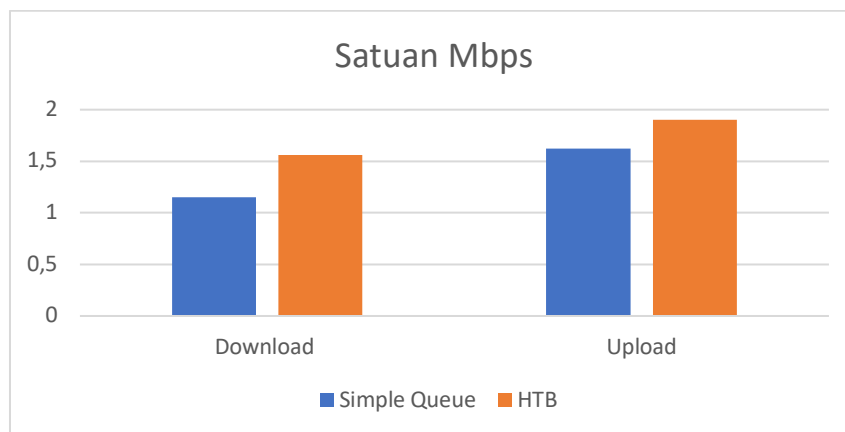
Fase ini memiliki fokus pada masalah kebijakan, yang mencakup kegiatan, *maintenance*, dan pengelolaan sistem. Dalam fase ini, penting untuk menciptakan dan mengelola kebijakan sehingga sistem yang telah dibuat dan beroperasi dengan optimal mampu berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan dua parameter yaitu dengan pengujian *bandwidth* dan pengujian *Quality of Service* (QoS) hasil dari 10 *user* akan dirata-ratakan agar mendapatkan hasil yang lebih akurat :

1.7 Pengujian *bandwidth*

Pengujian *bandwidth* dilakukan dengan dua metode yaitu *simple queue* dan *hierarchical token bucket*. Cara mengujinya dengan mengukur kecepatan *upload* dan *download* memakai “Speedtest.net”. Pengujian dilakukan secara bergantian antara metode *simple queue* dan *hierarchical token bucket*. Hasil dari pengujian ini dinyatakan bahwa *hierarchical token bucket* mendapatkan hasil *upload* dan *download* lebih besar dibandingkan dengan *simple queue*. Hasil *download* HTB sebesar 1,9 Mbps sedangkan pada *simple queue* sebesar 1,62 Mbps dan hasil *upload* HTB sebesar 1,56 Mbps sedangkan pada *simple queue* sebesar 1,15 Mbps . Hasil dapat dilihat pada gambar di bawah:

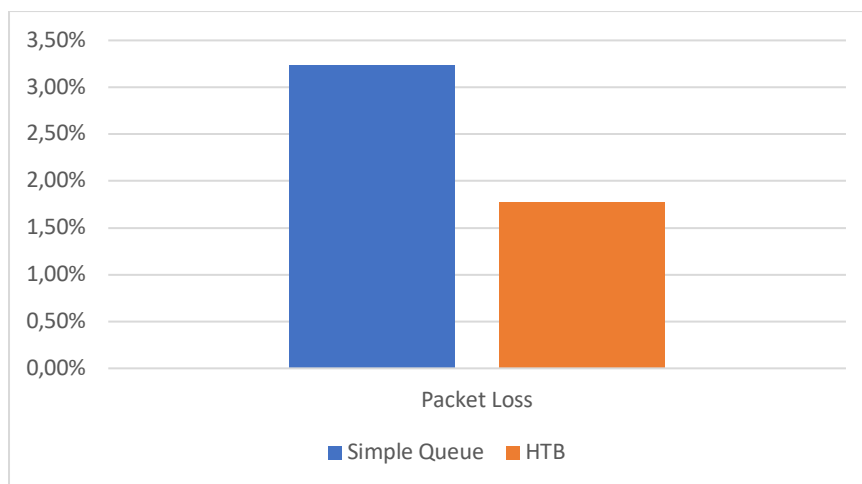


Gambar 6. Hasil pengujian *simple queue* dengan HTB

1.8 Pengujian *Quality of Service* (QoS)

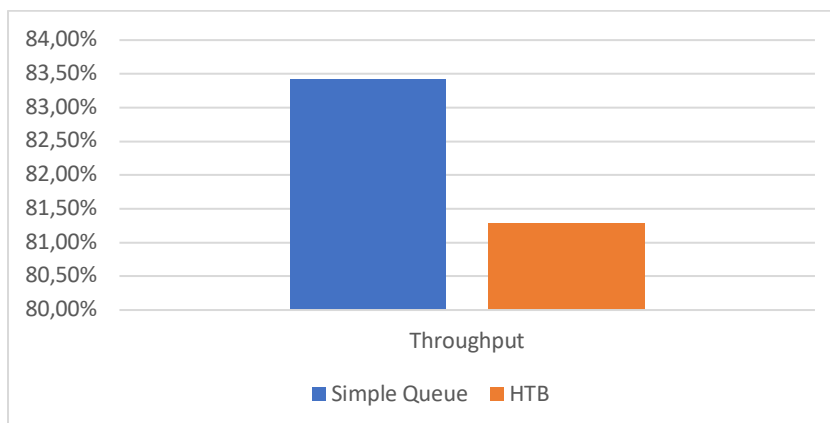
Pengujian QoS dilakukan menggunakan dengan empat parameter yaitu *packet loss*, *throughput*, *delay* dan *jitter*. Dalam pengujian ini, aplikasi *wireshark* akan digunakan untuk melakukan proses pengambilan data dengan melakukan unduh dan unggah berdasarkan ukuran file yang identik.

Hasil pengujian *packet loss* menunjukkan bahwa metode HTB memiliki tingkat *packet loss* yang lebih rendah daripada *simple queue*, berdasarkan parameter pertama yang diuji. Perbedaan tersebut dapat diamati melalui nilai rata-rata yang diperoleh 10 *user* yang telah melakukan percobaan dimana *packet loss* dari HTB sebesar 1,78% sedangkan pada *simple queue* sebesar 3,24%. Hal tentu sangat bagus bagi HTB karena menurut tabel standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON), semakin rendah tingkat *packet loss*, maka kualitas jaringan internet semakin baik.. Informasi visual yang menggambarkan hasil tersebut dapat ditemukan pada gambar di bawah ini:



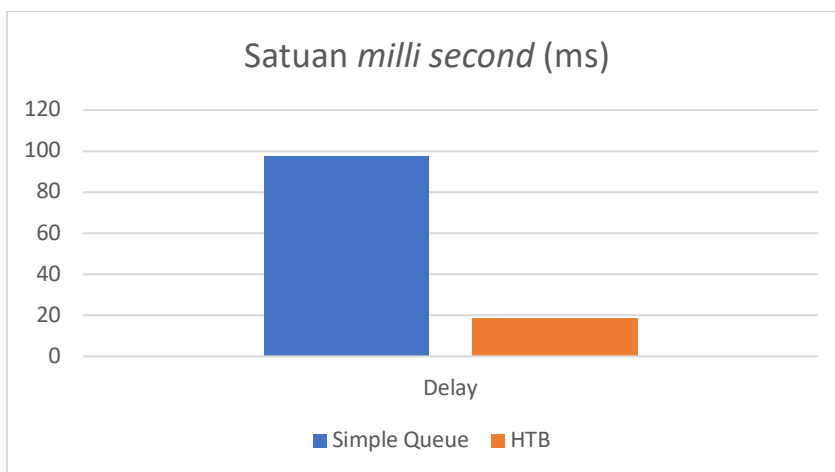
Gambar 7. Hasil Pengujian *Packet Loss*

Untuk parameter kedua akan dilakukan pengujian *throughput*, metode *simple queue* mendapatkan hasil sebesar 83,42% dan metode HTB mendapatkan hasil sebesar 81,28%. Hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa kedua metode baik metode *simple queue* maupun HTB sama-sama bagus karena *throughput* dari kedua metode ini menurut tabel standar TIPHON lebih dari 75% sehingga kedua metode ini masuk kategori bagus. Hasil dapat dilihat pada gambar di bawah:



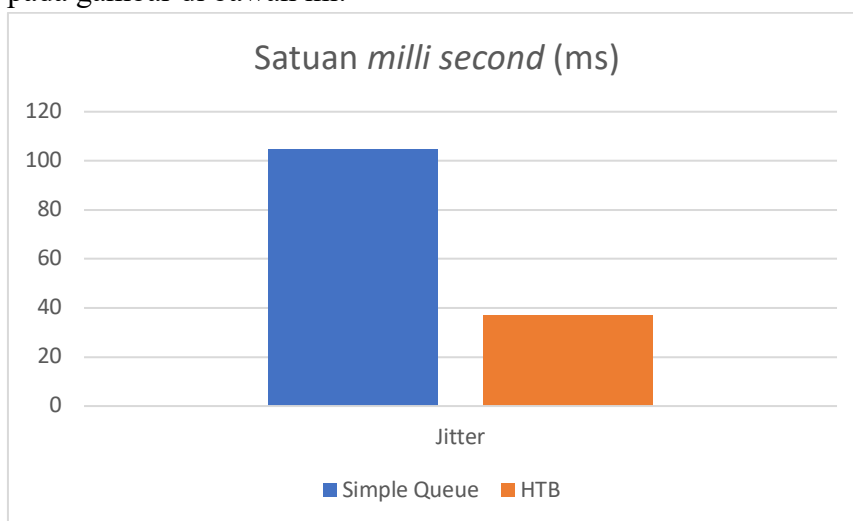
Gambar 8. Hasil Pengujian *Throughput*

Untuk parameter ketiga akan dilakukan pengujian *delay*, pada pengujian ini metode *simple queue* mendapatkan hasil *delay* sebesar 97,52 ms (*milli second*) sedangkan HTB mendapatkan hasil 18,74 ms (*milli second*). Meskipun perbedaan *delay* antara *simple queue* dan HTB cukup jauh tetapi kedua metode ini masih dikategorikan sangat bagus karena menurut tabel standar TIPHON besaran *delay* dari kedua metode ini kurang dari 150 ms (*milli second*). Hasil dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 9. Hasil Pengujian Delay

Untuk parameter keempat akan dilakukan pengujian *jitter*, pada pengujian ini metode simple queue mendapatkan rata-rata jitter sebesar 104,36 ms (*milli second*) sedangkan pada metode HTB mendapatkan rata-rata jitter sebesar 37,12 ms (*milli second*). Pada hasil pengujian *jitter* ini menurut tabel standar (TIPHON) metode *simple queue* dikategorikan sedang karena ms (*milli second*) di antara 75ms – 125 ms, sedangkan metode HTB dikategorikan bagus karena ms (*milli second*) di antara 0ms – 75ms. Informasi visual yang menggambarkan hasil tersebut dapat ditemukan pada gambar di bawah ini:



Gambar 10. Hasil Pegujian Jitter

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian Manajemen *Bandwidth* Menggunakan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) (Studi Kasus : PT. Orion Cyber Internet), maka dapat disimpulkan bahwa penerapan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) berjalan dengan baik. Hasil pengujian *bandwidth* didapat bahwa *download* dan *upload* lebih besar dari *simple queue*. Bedasarkan hasil dari *Quality of Service*(QoS) secara rata - rata perhitungan dari *packet loss*, *throughput*, *delay* dan *jitter Hierarchical Token Bucket* (HTB) lebih baik dari *simple queue*. Untuk penelitian lebih lanjut dihipkan dapat memperbanyak jumlah *user* dan metode manajemen *bandwidth* lainnya agar hasil pengujian lebih akurat dan bervariasi.

SARAN

Penelitian untuk masa depan masa depan pengembangan dan penerapan teknologi manajemen bandwidth, beberapa saran yang penting perlu dipertimbangkan. Pertama, pengembangan algoritma dan protokol baru harus terus diutamakan untuk meningkatkan efisiensi, kinerja, dan keamanan dalam manajemen bandwidth. Eksplorasi penggunaan teknologi seperti machine learning dan artificial intelligence dapat membuka potensi baru dalam mengoptimalkan alokasi bandwidth dan menghadapi tantangan jaringan yang semakin kompleks. Selanjutnya, penting untuk tetap mematuhi prinsip net neutrality dalam teknologi manajemen bandwidth, sehingga akses ke konten, aplikasi, dan layanan internet tetap adil dan tidak diskriminatif. Keamanan jaringan harus menjadi fokus utama dalam pengembangan teknologi ini untuk melindungi dari serangan DDoS, serangan cyber, dan kerentanannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hadi and R. Wibowo, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Queue Tree Pada Universitas Semarang," *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi*, vol. 15, no. 2, pp. 112–117, 2019.
- [2] N. P. A. Mentayani, I. P. Satwika, I. G. A. Pramesti Dwi Putri, A. A. I. I. Paramitha, and T. Tiawan, "Analisis Dan Perancangan User Interface Sistem Informasi Pembayaran Mahasiswa STMIK Primakara Berbasis Web," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 78–89, Apr. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i1.1850.
- [3] A. Agung Nugraha and U. Budiyanto, "Adaptive E-Learning System Berbasis Vark Learning Style dengan Klasifikasi Materi Pembelajaran Menggunakan K-NN (K-Nearest Neighbor)," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 248–261, Sep. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i2.1900.
- [4] R. Salam and A. Kho, "Pengaruh Manajemen Pemasaran Virtual Terhadap Produk UMKM," *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 198–207, Feb. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.272.
- [5] T. O. Sidqi and N. D. Nathasia, "Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Pada Jaringan Mikrotik," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 132–138, 2021.
- [6] R. N. Syafroni, "Field of Meaning Theory in Celebgram Endorsement Product Captions," *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, vol. 4, no. 2, pp. 172–183, Jan. 2023, doi: 10.34306/ajri.v4i2.868.
- [7] Y. N. Qintharah and F. L. Utami, "Determinants on Environmental Disclosure Moderating by Integrated Corporate Governance (ATT)," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1Sp, pp. 26–41, Feb. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1sp.308.
- [8] N. Lutfiani, P. A. Sunarya, S. Millah, and S. Aulia Anjani, "Penerapan Gamifikasi Blockchain dalam Pendidikan iLearning," *Technomedia Journal*, vol. 7, no. 3, pp. 399–407, Dec. 2022, doi: 10.33050/tmj.v7i3.1958.
- [9] M. I. Ichwan, L. Sugiyanta, and P. W. Yunanto, "Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22," *PINTER: Jurnal Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer*, vol. 3, no. 2, pp. 122–126, 2019.
- [10] K. Arora, M. Faisal, and I. Artikel, "The Use of Data Science in Digital Marketing Techniques: Work Programs, Performance Sequences and Methods," *Startupreneur Business Digital (SABDA)*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.34306/s.
- [11] L. K. Choi, A. S. Panjaitan, and D. Apriliasari, "The Effectiveness of Business Intelligence

- Management Implementation in Industry 4.0,” *Startupreneur Business Digital (SABDA Journal)*, vol. 1, no. 2, pp. 115–125, Sep. 2022, doi: 10.34306/sabda.v1i2.106.
- [12] V. Melinda and A. E. Widjaja, “Virtual Reality Applications in Education,” *International Transactions on Education Technology (ITEE)*, vol. 1, no. 1, pp. 68–72, 2022.
- [13] A. C. Nurcahyo, L. Firgia, and Y. Mustaqim, “Implementasi dan Analisis Metode Hierarchical Token Bucket pada Manajemen Bandwidth Jaringan (Studi Kasus: Jaringan Rektorat Institut Shanti Bhuana),” *Journal of Information Technology*, vol. 1, no. 2, pp. 41–49, 2021.
- [14] P. A. Sunarya, “Penerapan Sertifikat pada Sistem Keamanan menggunakan Teknologi Blockchain,” vol. 1, no. 1, pp. 58–67, 2022, [Online]. Available: <https://journal.pandawan.id/mentari/article/view/139>
- [15] I. Hidayat and F. O. S. Dewi, “Effect of Liquidity, Leverage, and Working Capital Turn on Profitability,” *APTISI Transactions on Management (ATM)*, vol. 7, no. 1, pp. 60–68, Feb. 2022, doi: 10.33050/atm.v7i1.1832.
- [16] Z. Kedah, “Use of E-Commerce in The World of Business,” *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.v2i1.273.
- [17] T. O. Sidqi and N. D. Nathasia, “Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Pada Jaringan Mikrotik,” *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 132–138, 2021.
- [18] D. S. Wuisan and T. Handra, “Maximizing Online Marketing Strategy with Digital Advertising,” *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.v2i1.275.
- [19] D. S. S. Wuisan and T. Mariyanti, “Analisa Peran Triple Helik dalam Mengatasi Tantangan Pendidikan di Era Industri 4.0,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 123–132, Jan. 2023, doi: 10.34306/mentari.v1i2.258.
- [20] W. A. Nurasniar, “Employee Performance Improvement Through Competence and Organizational Culture with Work Motivation as A Mediation Variable,” *APTISI Transactions on Management (ATM)*, vol. 6, no. 2, pp. 121–131, Nov. 2021, doi: 10.33050/atm.v6i2.1743.
- [21] C. E. Suharyanto, “Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Pada Jaringan Internet,” *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [22] R. Fetra, T. Pradiani, and Faturrahman, “The Influence of Price, Facilities, and Service Quality on Re-Staying Interest,” *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, vol. 4, no. 2, pp. 184–193, Jan. 2023, doi: 10.34306/ajri.v4i2.867.
- [23] K. B. Rii, P. Edastama, and N. F. Nabilah, “Study on Innovation Capability of College Students Based on Extenics and Theory of Creativity,” *Startupreneur Business Digital (SABDA Journal)*, vol. 1, no. 2, pp. 134–142, Sep. 2022, doi: 10.34306/sabda.v1i2.118.
- [24] M. Miran and O. Sumampouw, “Superior College Applied Research Competence of SPI Members in the Context of Improving the Quality of Supervisory Performance at Manado State University,” *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1, pp. 73–86, Jan. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1.293.
- [25] L. Lukman, A. M. Saputro, A. S. Wicaksono, F. H. T. Hartomo, and M. N. Jatun, “Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) di Farid. net,” *Creative Information Technology Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 209–218, 2019.
- [26] R. Muthia, “Structured Data Management for Investigating an Optimum Reactive Distillation Design,” *ADI Journal on Recent Innovation (AJRI)*, vol. 5, no. 1, pp. 34–42, Mar. 2023, doi: 10.34306/ajri.v5i1.899.
- [27] A. Singh Bist, “The Importance of Building a Digital Business Startup in College,” *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, doi: 10.34306/sabda.
- [28] L. Meria, J. Zanubiya, M. Alfi, and D. Juliansah, “Increasing Consumers with Satisfaction

- Application based Digital Marketing Strategies Startupreneur Business Digital (SABDA),” *Startupreneur Bisnis Digital (SABDA)*, vol. 2, no. 1, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.3430>
- [29] T. Sanjaya and D. Setiyadi, “Network Development Life Cycle (NDLC) Dalam Perancangan Jaringan Komputer Pada Rumah Shalom Mahanaim,” *Jurnal Mahasiswa Bina Insani*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [30] L. Munaroh, Y. Amrozi, and R. A. Nurdian, “Pengukuran Risiko Keamanan Aset TI Menggunakan Metode FMEA dan Standar ISO/IEC 27001: 2013,” *Technomedia Journal*, vol. 5, no. 2 Februari, pp. 167–181, 2021.