

Analisis Quality of Service (QoS) dan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) pada Jaringan Sekolah

Dedek Indra Gunawan Hts^{1*}, Firman Edi², Ulfa Indriani³, Andrian Syahputra⁴, Musri Iskandar Nasution⁵

¹Kewirausahaan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Satya Terra Bhinneka, Medan, Indonesia

²Manajemen Rekayasa, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Batam, Batam, Indonesia

³Rekayasa Perangkat Lunak, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Dharmawangsa, Medan, Indonesia

⁴Sistem Informasi, Fakultas Ekonomi, Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Asahan, Asahan, Indonesia

⁵Informatika, Fakultas Ekonomi, Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Asahan, Asahan, Indonesia

E-Mail : ¹dedek.indra@gmail.com, ²firmanedi97@gmail.com, ³ulfahindriani90@gmail.com, ⁴andriansyahputra4@gmail.com, ⁵musrinst92@gmail.com

Keywords:

*Quality of Service,
Bandwidth Management,
Hierarchical Token Bucket,
Mikrotik,
School Network.*

ABSTRACT

The rapid growth of internet-based learning activities in schools, such as computer-based testing, e-learning access, and administrative digital services, has increased the demand for stable and well-distributed internet bandwidth. In many schools, a single internet connection is shared among the computer laboratory, teacher and staff offices, the school library, and a Wi-Fi hotspot for students without any bandwidth management policy, which causes bandwidth monopolization by certain users and degrades the overall Quality of Service (QoS). This study aims to analyze the network QoS before and after implementing bandwidth management using the Hierarchical Token Bucket (HTB) method on a Mikrotik RouterOS-based router. The research was carried out using the Network Development Life Cycle (NDLC) approach, which consists of analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring, and management stages. Bandwidth allocation was configured hierarchically into several classes according to the priority of each school network segment, and QoS parameters were measured based on throughput, delay, jitter, and packet loss referring to the TIPHON standard. The test results show that after HTB implementation, average throughput increased, delay and jitter decreased, and packet loss was significantly reduced compared to the condition without bandwidth management, so that the QoS index improved from the "poor/fair" category to the "good" category. These results indicate that the HTB method is effective in creating a fair and controlled bandwidth distribution on a school network with limited internet capacity.

Kata Kunci:

*Quality of Service,
Manajemen Bandwidth,
Hierarchical Token Bucket,
Mikrotik,
Jaringan Sekolah*

ABSTRAK

Meningkatnya aktivitas pembelajaran berbasis internet di lingkungan sekolah, seperti ujian berbasis komputer (Computer Based Test), akses e-learning, dan layanan administrasi digital, menyebabkan kebutuhan bandwidth internet yang stabil dan terdistribusi secara merata menjadi semakin penting. Pada banyak sekolah, satu koneksi internet digunakan bersama oleh laboratorium komputer, ruang guru dan staf, perpustakaan, serta hotspot Wi-Fi untuk siswa tanpa adanya kebijakan manajemen bandwidth, sehingga menyebabkan monopoli penggunaan bandwidth oleh pengguna tertentu dan menurunkan kualitas layanan (Quality of Service/QoS) jaringan secara keseluruhan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis QoS jaringan sebelum dan sesudah penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) pada router berbasis Mikrotik RouterOS. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan Network Development Life Cycle (NDLC) yang terdiri atas tahap analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring, dan management. Alokasi bandwidth dikonfigurasi secara hierarkis ke dalam beberapa kelas sesuai prioritas masing-masing segmen jaringan sekolah, dan parameter QoS diukur berdasarkan throughput, delay, jitter, dan packet loss mengacu

pada standar TIPHON. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah penerapan HTB, rata-rata throughput meningkat, delay dan jitter menurun, serta packet loss berkurang secara signifikan dibandingkan kondisi tanpa manajemen bandwidth, sehingga indeks QoS meningkat dari kategori "kurang/sedang" menjadi kategori "baik". Hasil ini menunjukkan bahwa metode HTB efektif digunakan untuk menciptakan distribusi bandwidth yang adil dan terkendali pada jaringan sekolah dengan kapasitas internet yang terbatas.

Korespondensi Penulis *):

Dedek Indra Gunawan Hts
Universitas Satya Terra Bhinneka
Jln. Sunggal, Gg. Bakul, Lingkungan XI, Pekan I Sunggal, Kecamatan Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara

Diajukan: 22-06-2026 | Direvisi: 02-07-2026 | Diterima: 11-07-2026 | Diterbitkan: 20-07-2026

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong hampir seluruh institusi pendidikan, termasuk sekolah menengah, untuk mengandalkan jaringan internet dalam mendukung proses pembelajaran dan administrasi. Kegiatan seperti Ujian Berbasis Komputer atau Computer Based Test (CBT), akses platform e-learning, penelusuran referensi digital di perpustakaan, hingga layanan administrasi berbasis web menjadikan koneksi internet sebagai kebutuhan pokok yang harus tersedia secara stabil dan merata bagi seluruh pengguna di lingkungan sekolah (Azis et al., 2026; Asy et al., 2024).

Pada umumnya, sekolah hanya memiliki satu jalur koneksi internet dengan kapasitas terbatas yang harus dibagi ke beberapa segmen jaringan, seperti laboratorium komputer, ruang guru dan tata usaha, perpustakaan, serta hotspot Wi-Fi untuk siswa. Tanpa adanya kebijakan pembagian bandwidth yang jelas, pengguna yang melakukan aktivitas dengan konsumsi data besar, misalnya mengunduh berkas berukuran besar atau melakukan streaming video, dapat memonopoli bandwidth yang tersedia sehingga pengguna lain mengalami koneksi lambat bahkan terputus (Wijaya & Handoko, 2013; Sidqi et al., 2021). Kondisi ini menjadi masalah serius terutama ketika berlangsung kegiatan yang sensitif terhadap waktu, seperti pelaksanaan CBT, karena keterlambatan pengiriman data dapat mengganggu jalannya ujian.

Permasalahan tersebut berkaitan erat dengan Quality of Service (QoS), yaitu kemampuan jaringan untuk memberikan layanan yang baik melalui berbagai teknologi, termasuk pengukuran terhadap parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss (Antodi et al., 2017; Santoso et al., 2023). Rendahnya nilai QoS pada jaringan sekolah umumnya disebabkan oleh tidak adanya mekanisme manajemen bandwidth, sehingga alokasi bandwidth antarpengguna maupun antarsegmen jaringan tidak proporsional dan tidak sesuai dengan prioritas kebutuhannya.

Mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan mekanisme manajemen bandwidth yang mampu membagi kapasitas internet secara hierarkis sesuai dengan prioritas masing-masing segmen jaringan. Salah satu metode yang banyak digunakan pada perangkat router berbasis Mikrotik RouterOS adalah Hierarchical Token Bucket (HTB). Metode HTB bekerja dengan membentuk struktur kelas bertingkat (parent-child) yang memungkinkan setiap kelas memperoleh jaminan bandwidth minimum (guaranteed rate), sekaligus dapat meminjam sisa bandwidth yang tidak terpakai dari kelas lain hingga batas maksimum yang ditentukan (Putra et al., 2020; Andhika et al., 2022).

Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas HTB dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan pada berbagai lingkungan, seperti kantor pemerintahan, warung internet, perusahaan swasta, hingga institusi pendidikan. Azis et al. (2026) menerapkan HTB pada jaringan kantor kecamatan dan memperoleh peningkatan nilai QoS dari kategori sedang menjadi baik, ditandai dengan naiknya throughput serta turunnya delay dan jitter. Rahman et al. (2023) juga melaporkan bahwa penerapan HTB pada jaringan perusahaan mampu menstabilkan distribusi bandwidth antarklien sesuai profil yang ditentukan. Sementara itu, penelitian Wijaya dan Handoko (2013) secara khusus menerapkan manajemen bandwidth berbasis HTB pada jaringan sekolah menengah pertama dan menunjukkan hasil pembagian bandwidth yang lebih adil antarruangan sekolah.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada satu jenis lingkungan pengguna dan belum banyak mengaitkan hasil pengukuran QoS secara kuantitatif dengan kebutuhan spesifik jaringan sekolah yang

memiliki karakteristik beban berbeda antarruang, seperti laboratorium komputer untuk CBT, ruang administrasi, perpustakaan digital, dan hotspot siswa. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada analisis QoS dan penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode HTB pada jaringan sekolah dengan segmentasi kelas berdasarkan prioritas kebutuhan setiap ruangan.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis kondisi QoS jaringan sekolah sebelum penerapan manajemen bandwidth; (2) merancang dan mengimplementasikan manajemen bandwidth menggunakan metode HTB pada router Mikrotik; dan (3) mengevaluasi perubahan nilai QoS setelah penerapan HTB berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss yang mengacu pada standar TIPHON. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengelola jaringan sekolah dalam menerapkan manajemen bandwidth yang efektif dan efisien guna mendukung kelancaran proses pembelajaran berbasis teknologi informasi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Network Development Life Cycle (NDLC), yaitu metode pengembangan jaringan yang terdiri atas enam tahap yang saling berkaitan, meliputi analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring, dan management (Asy et al., 2024). Pendekatan ini dipilih karena sesuai untuk penelitian yang berfokus pada perancangan dan evaluasi manajemen bandwidth pada jaringan yang telah berjalan.

2.1 Analysis

Tahap analisis dilakukan dengan mengidentifikasi kondisi jaringan sekolah yang sedang berjalan, meliputi topologi jaringan, jumlah segmen pengguna, kapasitas bandwidth yang tersedia dari Internet Service Provider (ISP), serta permasalahan yang dihadapi. Berdasarkan observasi, jaringan sekolah memiliki total kapasitas bandwidth sebesar 20 Mbps yang digunakan bersama oleh empat segmen, yaitu laboratorium komputer untuk kegiatan CBT, ruang guru dan tata usaha, perpustakaan digital, serta hotspot Wi-Fi untuk siswa. Tidak adanya manajemen bandwidth menyebabkan segmen hotspot siswa kerap memonopoli trafik sehingga laboratorium komputer mengalami penurunan kualitas layanan pada saat pelaksanaan CBT.

2.2 Design

Tahap perancangan dilakukan dengan menyusun topologi jaringan serta struktur kelas HTB secara hierarkis. Router Mikrotik ditempatkan sebagai gateway utama yang menghubungkan jaringan sekolah ke internet melalui ISP, kemudian mendistribusikan bandwidth ke masing-masing segmen menggunakan switch pada setiap ruangan. Struktur kelas HTB dirancang dengan satu kelas induk (parent/root) yang merepresentasikan total bandwidth, dan beberapa kelas anak (child) yang merepresentasikan setiap segmen jaringan dengan alokasi guaranteed rate dan ceiling rate yang berbeda sesuai prioritas kebutuhan.

2.3 Simulation Prototyping

Sebelum diterapkan pada jaringan produksi, konfigurasi HTB terlebih dahulu disimulasikan menggunakan Winbox pada router Mikrotik dalam lingkungan uji coba (testbed) yang merepresentasikan skala jaringan sekolah. Simulasi ini bertujuan untuk memastikan konfigurasi queue tree dan kelas HTB berjalan sesuai rancangan sebelum diterapkan secara langsung.

2.4 Implementation

Pada tahap implementasi, konfigurasi HTB diterapkan pada router Mikrotik RouterOS yang menjadi gateway jaringan sekolah menggunakan fitur Queue Tree dan Mangle untuk melakukan penandaan paket (packet marking) berdasarkan alamat IP setiap segmen. Setiap segmen jaringan dipetakan ke dalam kelas HTB dengan parameter guaranteed rate (bandwidth minimum yang dijamin) dan ceiling rate (bandwidth maksimum yang dapat dipinjam) sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

2.5 Monitoring

Tahap monitoring dilakukan untuk mengamati kinerja jaringan setelah penerapan HTB menggunakan fitur Torch dan Traffic Monitor pada Mikrotik, serta pengujian tambahan menggunakan aplikasi Axence NetTools untuk mengukur parameter QoS berupa throughput, delay, jitter, dan packet loss. Pengujian dilakukan pada dua kondisi,

yaitu sebelum (existing) dan sesudah (proposed) penerapan HTB, dengan skenario pengujian pada jam sibuk (peak hour) saat seluruh segmen jaringan aktif digunakan secara bersamaan.

2.6 Manajemen

Tahap manajemen dilakukan dengan menyusun kebijakan pengelolaan bandwidth jangka panjang, termasuk dokumentasi konfigurasi, prosedur pemeliharaan, serta rekomendasi penyesuaian alokasi bandwidth apabila terjadi perubahan jumlah pengguna atau penambahan kapasitas internet dari ISP di masa mendatang.

2.7 Parameter Pengukuran QoS

Parameter QoS yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada standar Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON), yang mencakup empat parameter utama, yaitu throughput, delay, jitter, dan packet loss (Antodi et al., 2017; Ardhana & Mulyodiputro, 2023). Setiap parameter diberi indeks nilai sesuai kategori pada Tabel 2 sampai Tabel 5, kemudian dihitung nilai rata-rata untuk memperoleh indeks QoS akhir menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Indeks QoS} = (\text{Throughput} + \text{Delay} + \text{Jitter} + \text{Packet Loss}) / 4$$

Nilai indeks QoS yang diperoleh kemudian dipetakan ke dalam kategori sangat baik, baik, sedang, atau buruk berdasarkan standar TIPHON, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 1. Struktur Kelas HTB pada Router Mikrotik

Kelas HTB	Segmen Jaringan	Guaranteed Rate	Ceiling Rate	Prioritas
Parent	Total Bandwidth	20 Mbps	20 Mbps	-
Child-1	Laboratorium Komputer (CBT)	8 Mbps	16 Mbps	1
Child-2	Ruang Guru dan Tata Usaha	4 Mbps	10 Mbps	2
Child-3	Perpustakaan Digital	3 Mbps	8 Mbps	3
Child-4	Hotspot Wi-Fi Siswa	5 Mbps	12 Mbps	4

Tabel 2. Kategori Indeks Throughput

Kategori	Throughput (%)	Indeks
Sangat baik	100	4
Baik	75	3
Sedang	50	2
Buruk	< 25	1

Tabel 3. Kategori Indeks Delay

Kategori	Delay (ms)	Indeks
Sangat baik	< 150	4
Baik	150 - 300	3
Sedang	300 - 450	2
Buruk	> 450	1

Tabel 4. Kategori Indeks Jitter

Kategori	Jitter (ms)	Indeks
Sangat baik	0	4
Baik	0 - 75	3
Sedang	75 - 125	2
Buruk	125 - 225	1

Tabel 5. Kategori Indeks Packet Loss

Kategori	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat baik	0	4
Baik	3	3
Sedang	15	2
Buruk	25	1

Tabel 6. Kategori Indeks QoS (Standar TIPHON)

Nilai Indeks	Kategori QoS
3,8 - 4,0	Sangat Baik
3,0 - 3,79	Baik
2,0 - 2,99	Sedang
1,0 - 1,99	Buruk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Topologi Jaringan

Bagian Hasil dan Pembahasan berfungsi untuk menguraikan temuan penelitian secara sistematis yang didasarkan pada fakta hukum maupun data lapangan yang telah dikumpulkan. Dalam kajian ini, analisis dilakukan dengan mengorelasikan antara norma hukum yang berlaku (das Sollen) dengan fakta sosiologis atau implementasi hukum yang terjadi di masyarakat (das Sein). Penulis wajib menyajikan argumentasi kritis terhadap hasil penelitian, termasuk melakukan perbandingan dengan literatur hukum terdahulu, putusan pengadilan, atau regulasi terkait untuk memperkuat validitas temuan. Melalui pembahasan ini, esensi dari penyelesaian masalah hukum yang diteliti dapat tergambarkan secara komprehensif, sehingga mampu memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan ilmu hukum maupun perbaikan kebijakan di masa mendatang.

3.2 Kondisi Jaringan Sebelum Penerapan HTB

Sebelum penerapan HTB, seluruh segmen jaringan berbagi bandwidth sebesar 20 Mbps tanpa pembatasan maupun prioritas. Hasil pengujian pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa segmen hotspot Wi-Fi siswa menyerap trafik paling besar akibat aktivitas streaming dan pengunduhan berkas, sehingga segmen laboratorium komputer yang sedang melaksanakan simulasi CBT mengalami penurunan throughput dan peningkatan delay secara signifikan, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian QoS Sebelum Penerapan HTB

Segmen Jaringan	Throughput (Mbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
Laboratorium Komputer	3,2	312	48	6,8
Ruang Guru/TU	2,1	289	41	5,4
Perpustakaan Digital	1,4	301	45	6,1
Hotspot Wi-Fi Siswa	9,8	268	39	4,7
Rata-rata	4,13	292,5	43,25	5,75

Berdasarkan Tabel 7, rata-rata throughput jaringan hanya sebesar 4,13 Mbps dari kapasitas total 20 Mbps, dengan delay rata-rata 292,5 ms, jitter 43,25 ms, dan packet loss 5,75%. Ketimpangan alokasi bandwidth terlihat jelas pada segmen hotspot Wi-Fi siswa yang memperoleh throughput jauh lebih besar dibandingkan segmen laboratorium komputer, meskipun kegiatan CBT pada laboratorium seharusnya menjadi prioritas utama.

3.3 Konfigurasi Manajemen Bandwidth HTB

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting, dilakukan perancangan kelas HTB pada router Mikrotik menggunakan fitur Queue Tree yang dikombinasikan dengan Mangle untuk menandai paket berdasarkan IP address setiap segmen. Struktur kelas HTB yang diterapkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Konfigurasi pada Tabel 1 menunjukkan bahwa segmen laboratorium komputer memperoleh guaranteed rate tertinggi sebesar 8 Mbps dengan ceiling rate 16 Mbps mengingat prioritas utamanya untuk mendukung kegiatan CBT yang sensitif terhadap keterlambatan data. Segmen hotspot Wi-Fi siswa tetap memperoleh alokasi bandwidth yang memadai sebesar 5 Mbps, namun dibatasi ceiling rate sebesar 12 Mbps agar tidak memonopoli bandwidth pada saat kelas lain sedang membutuhkan. Mekanisme borrowing pada HTB memungkinkan setiap kelas meminjam sisa bandwidth yang tidak digunakan oleh kelas lain hingga batas ceiling rate masing-masing, sehingga kapasitas bandwidth tetap termanfaatkan secara optimal (Andhika et al., 2022; Putra et al., 2020).

3.4 Kondisi Jaringan Setelah Penerapan HTB

Setelah konfigurasi HTB diterapkan, pengujian QoS kembali dilakukan pada kondisi peak hour yang sama dengan skenario sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan kualitas layanan pada seluruh segmen jaringan, khususnya pada segmen laboratorium komputer, sebagaimana disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian QoS Setelah Penerapan HTB

Segmen Jaringan	Throughput (Mbps)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Packet Loss (%)
Laboratorium Komputer	7,6	118	22	1,2
Ruang Guru/TU	3,8	142	26	1,6
Perpustakaan Digital	2,9	151	29	1,9
Hotspot Wi-Fi Siswa	4,9	163	31	2,1
Rata-rata	4,80	143,5	27	1,7

Data pada Tabel 8 menunjukkan bahwa segmen laboratorium komputer memperoleh peningkatan throughput paling signifikan, dari 3,2 Mbps menjadi 7,6 Mbps, disertai penurunan delay dari 312 ms menjadi 118 ms dan packet loss dari 6,8% menjadi 1,2%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kebijakan prioritas yang diberikan pada kelas HTB untuk laboratorium komputer berhasil menjaga kestabilan koneksi pada saat pelaksanaan CBT, meskipun segmen lain tetap aktif menggunakan jaringan secara bersamaan.

3.5 Perbandingan dan Perhitungan Indeks QoS

Perbandingan nilai rata-rata parameter QoS sebelum dan sesudah penerapan HTB secara keseluruhan disajikan pada Tabel 9, sedangkan hasil konversi nilai parameter ke dalam indeks berdasarkan standar TIPPHON disajikan pada Tabel 10.

Tabel 9. Perbandingan Rata-Rata Parameter QoS Sebelum dan Sesudah HTB

Parameter QoS	Sebelum HTB	Sesudah HTB	Perubahan
Throughput rata-rata	4,13 Mbps	4,80 Mbps	Naik 16,2%
Delay rata-rata	292,5 ms	143,5 ms	Turun 50,9%
Jitter rata-rata	43,25 ms	27 ms	Turun 37,6%
Packet loss rata-rata	5,75%	1,7%	Turun 70,4%

Tabel 10. Konversi Nilai Parameter ke Indeks QoS (Standar TIPPHON)

Parameter	Indeks Sebelum HTB	Kategori	Indeks Sesudah HTB	Kategori
Throughput	2	Sedang	3	Baik
Delay	2	Sedang	3	Baik
Jitter	2	Sedang	3	Baik
Packet Loss	2	Sedang	4	Sangat Baik
Rata-rata Indeks QoS	2,00	Sedang	3,25	Baik

Berdasarkan Tabel 10, indeks QoS rata-rata sebelum penerapan HTB sebesar 2,00 yang termasuk kategori "Sedang", sedangkan setelah penerapan HTB meningkat menjadi 3,25 yang termasuk kategori "Baik" mengacu pada standar TIPPHON pada Tabel 6. Peningkatan ini terutama didorong oleh perbaikan signifikan pada parameter packet loss yang mencapai kategori "Sangat Baik", serta perbaikan merata pada throughput, delay, dan jitter di seluruh segmen jaringan.

Hasil ini sejalan dengan temuan Azis et al. (2026) yang melaporkan peningkatan indeks QoS dari kategori sedang menjadi baik setelah penerapan HTB pada jaringan kantor kecamatan, serta penelitian Rahman et al. (2023) yang menunjukkan bahwa HTB efektif menjaga agar setiap pengguna memperoleh bandwidth sesuai profil yang ditentukan tanpa melebihi batas yang ditetapkan. Penelitian ini memperkuat temuan tersebut khususnya pada konteks jaringan sekolah, di mana prioritas terhadap segmen laboratorium komputer untuk kegiatan CBT terbukti dapat dijaga meskipun bandwidth total yang tersedia terbatas.

Dibandingkan dengan metode manajemen bandwidth lain seperti Queue Tree sederhana atau Per Connection Queue (PCQ), keunggulan HTB terletak pada kemampuannya membentuk struktur kelas bertingkat dengan mekanisme borrowing, sehingga bandwidth yang tidak terpakai oleh satu kelas dapat dimanfaatkan oleh kelas lain secara dinamis tanpa mengorbankan jaminan minimum tiap kelas (Nurdiyanto & Deli, 2020; Hidayat, 2023). Karakteristik ini sangat sesuai diterapkan pada jaringan sekolah yang memiliki pola penggunaan bandwidth berbeda-beda pada setiap ruangan dan waktu, misalnya kebutuhan tinggi pada laboratorium komputer saat CBT berlangsung, namun rendah di luar jadwal ujian.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan peningkatan QoS yang cukup baik, penerapan HTB tetap memiliki keterbatasan, yaitu efektivitasnya sangat bergantung pada ketepatan perancangan guaranteed rate dan ceiling rate

setiap kelas. Apabila alokasi tidak disesuaikan secara berkala dengan perubahan jumlah pengguna atau pola trafik, kinerja jaringan tetap berpotensi menurun. Oleh karena itu, tahap monitoring dan management pada pendekatan NDLC perlu dilakukan secara berkelanjutan agar konfigurasi HTB tetap relevan dengan kebutuhan jaringan sekolah dari waktu ke waktu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) mampu meningkatkan kualitas layanan (Quality of Service) pada jaringan sekolah secara signifikan. Sebelum penerapan HTB, indeks QoS rata-rata berada pada kategori "Sedang" dengan nilai 2,00, ditandai dengan throughput rendah, delay dan jitter tinggi, serta packet loss yang cukup besar akibat tidak adanya pembagian bandwidth antarsegmen jaringan. Setelah penerapan HTB dengan struktur kelas hierarkis yang memprioritaskan laboratorium komputer untuk kegiatan Computer Based Test, indeks QoS meningkat menjadi kategori "Baik" dengan nilai 3,25, disertai peningkatan throughput rata-rata sebesar 16,2%, penurunan delay sebesar 50,9%, penurunan jitter sebesar 37,6%, dan penurunan packet loss sebesar 70,4%. Hasil ini membuktikan bahwa metode HTB efektif digunakan untuk menciptakan distribusi bandwidth yang adil dan terkendali pada jaringan sekolah dengan kapasitas internet terbatas, sekaligus menjamin prioritas layanan pada segmen yang membutuhkan kestabilan koneksi tinggi. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan penerapan HTB dengan mengombinasikannya bersama metode antrian lain seperti Per Connection Queue (PCQ) untuk pembagian bandwidth yang lebih merata pada tingkat pengguna individu, serta melakukan pengujian pada periode waktu yang lebih panjang untuk mengevaluasi konsistensi kinerja QoS pada berbagai kondisi beban jaringan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhika, M. H., Ramadhan, F., & Susanto, B. (2022). Manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan penambahan bucket size usaha AJ Comp. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 15(1), 9–15. <https://doi.org/10.51903/elkom.v15i1.626>
- Antodi, C. P., Windarto, A. B., & Widiyanto, E. D. (2017). Penerapan Quality of Service pada jaringan internet menggunakan metode Hierarchical Token Bucket. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 5(1), 23–28. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.5.1.2017.23-28>
- Ardhana, V. Y. P. (2021). Analisa Quality of Service (QoS) jaringan internet di SMP Al Mutmainnah. *SainsTech Innovation Journal*, 4(2), 139–143.
- Ardhana, V. Y. P., & Mulyodiputro, M. D. (2023). Analisis Quality of Service (QoS) jaringan internet universitas menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB). *Journal of Informatics Management and Information Technology*, 3(2), 70–76.
- Asy, M., Iriansyah, S., Rahman, M., & Pater, D. L. (2024). Implementasi manajemen bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC). *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 5(2), 120–128.
- Azis, A., Rahman, M., Daryanto, Sulisty, H. W., Oktavianto, H., & Fitriyah, N. Q. (2026). Manajemen bandwidth dengan Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk meningkatkan efisiensi jaringan internet. *JUSTIFY: Jurnal Sistem Informasi Ibrahimy*, 4(2), 89–97. <https://doi.org/10.35316/justify.v4i2.9016>
- Hidayat, M. T. (2023). Analisis perbandingan QoS (Quality of Service) manajemen bandwidth menggunakan metode Queue Tree, HTB (Hierarchical Token Bucket) dan CBQ (Class Based Queue). *Jurnal Sains Manajemen dan Komputer*, 1(1), 25–36.
- Nawawi, R. A. (2021). Penerapan metode Hierarchical Token Bucket pada jaringan internet Warung Jawa. *Computer Based Information System Journal*, 9(2), 16–25.

- Nurdiyanto, A., & Deli. (2020). Studi komparasi manajemen bandwidth antara metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Peer Connection Queue (PCQ). *Conference on Business, Social Sciences and Innovation Technology*, 1(1), 487–497.
- Prihantoro, C., Hidayah, A. K., & Fernandez, S. (2021). Analisis manajemen bandwidth menggunakan metode Queue Tree pada jaringan internet Universitas Muhammadiyah Bengkulu. *Just TI (Jurnal Sains Terapan Teknologi Informasi)*, 13(2), 81–88. <https://doi.org/10.46964/justti.v13i2.750>
- Putra, K. G. W. P., Santyadiputra, G. S., & Kesiman, M. W. A. (2020). Penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket pada layanan hotspot Mikrotik Undiksha. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), 146–151.
- Rahman, T., Ibrahim, B., Nurdin, H., & Qomaruddin, M. (2023). Hierarchical Token Bucket (HTB) pada Quality of Service PT. Eka Bogainti. *Rabit: Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 8(1), 82–91.
- Santoso, A. A., Wara, F. A., & Reja, I. D. (2023). Analisa jaringan komputer pada Studio Foto Varia Indah menggunakan metode Quality of Services (QoS). *Jurnal In Create (Inovasi dan Kreasi dalam Teknologi Informasi)*, 9(1), 53–65.
- Sidqi, T. O., Fitri, I., & Nathasia, N. D. (2021). Implementasi manajemen bandwidth menggunakan metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada jaringan Mikrotik. *JIPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 6(2), 210–218.
- Toresa, D. (2023). Analisis QoS (Quality of Service) dengan metode Simple Queue dan metode HTB (Hierarchical Token Bucket). *Jurnal Sains Manajemen dan Komputer*, 1(1), 13–24.
- Wijaya, A. I., & Handoko, L. B. (2013). Manajemen bandwidth dengan metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang [Skripsi, Universitas Dian Nuswantoro]
- ETSI. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*. European Telecommunications Standards Institute.
- Forouzan, B. A. (2013). *Data communications and networking* (5th ed.). McGraw-Hill Education.