

Perancangan Manajemen *Bandwidth* Pada Jaringan Internet Menggunakan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) Di SMAN 12 Pekanbaru

Bandwidth Management Design on Internet Network Using Hierarchical Token Bucket (HTB) at SMAN 12 Pekanbaru

**Vivi Devina Siregar^{a,1}, Noveri Lysbetti Marpaung^{b,2*}, Sakti Hutabarat^{c,3}, Edy Ervianto^{d,4}
Nurhalim^{e,5}, Rahyul Amri^{f,6}**

^{a,b,c,d,e,f,g} Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Riau, Pekanbaru, Jl. HR Soebrantas, KM.12,5, 28293, Indonesia.

vivi.devina0555@student.unri.ac.id¹, noveri.marpaung@eng.unri.ac.id², sakti.hutabarat@lecturer.unri.ac.id³, rahyulamri@lecturer.unri.ac.id⁴, edy.ervianto@eng.unri.ac.id⁵, nurhalim@lecturer.unri.ac.id⁶

ABSTRAK

Pada era digital saat ini, ketersediaan jaringan internet yang stabil dan efisien menjadi kebutuhan utama dalam mendukung proses belajar mengajar di lingkungan pendidikan. SMAN 12 Pekanbaru sebagai salah satu sekolah yang telah menerapkan pembelajaran berbasis teknologi mengalami permasalahan terkait distribusi bandwidth yang tidak merata, terutama saat jam sibuk. Hal ini menyebabkan terganggunya akses terhadap layanan penting sekolah seperti ujian daring dan platform pembelajaran digital. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem manajemen bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan perangkat Mikrotik RB750Gr3, guna mengoptimalkan distribusi bandwidth di jaringan internet SMAN 12 Pekanbaru. Metodologi yang digunakan meliputi analisis permasalahan jaringan eksisting, perancangan topologi jaringan baru, konfigurasi HTB, pengukuran parameter Quality of Service (QoS), dan analisis data. Hasil dari implementasi menunjukkan adanya peningkatan performa jaringan, dengan nilai rata-rata throughput yang lebih stabil, penurunan delay dan jitter, serta minimnya packet loss saat jam penggunaan tinggi. Penerapan metode HTB terbukti mampu memberikan kontrol yang lebih baik terhadap alokasi bandwidth berdasarkan prioritas pengguna dan layanan, sehingga mendukung kegiatan belajar mengajar secara lebih efektif dan efisien.

Kata kunci: Manajemen Bandwidth, Hierarchical Token Bucket (HTB), Mikrotik, QoS, Jaringan Sekolah.

ABSTRACT

In today's digital era, the availability of a stable and efficient internet network is a crucial need to support teaching and learning activities in educational environments. SMAN 12 Pekanbaru, as one of the schools implementing technology-based learning, is experiencing issues related to uneven bandwidth distribution, especially during peak usage hours. This often disrupts access to essential school services such as online exams and digital learning platforms. This study aims to design a bandwidth management system using the Hierarchical Token Bucket (HTB) method with the Mikrotik RB750Gr3 device to optimize internet bandwidth distribution at SMAN 12 Pekanbaru. The methodology involves analyzing the existing network issues, designing a new network topology, configuring HTB, measuring Quality of Service (QoS) parameters, and conducting data analysis. The results show an improvement in network performance, with more stable average throughput, reduced delay and jitter, and minimal packet loss during peak hours. The implementation of the HTB method proves effective in providing better control over bandwidth allocation based on user and service priorities, thereby supporting more efficient and effective digital-based teaching and learning activities.

Keywords: Bandwidth Management, Hierarchical Token Bucket (HTB), Mikrotik, QoS, School Network.

Info Artikel :

Disubmit:

Direview:

Diterima :

Copyright © 2025 – CSRID Journal. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dalam dunia pendidikan telah menjadi elemen kunci dalam mendorong transformasi pembelajaran abad ke-21. TIK tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu, melainkan telah mengubah paradigma pembelajaran konvensional menjadi sistem pendidikan yang lebih fleksibel, kolaboratif, dan berbasis teknologi. Dalam era digital saat ini, keberadaan TIK menjadi fondasi penting untuk mendukung kegiatan belajar mengajar, terutama dalam menghadapi tantangan global, perkembangan industri 4.0, dan kebutuhan siswa untuk menguasai literasi digital sejak dini. Hal ini diperkuat dengan kebijakan nasional yang mendorong integrasi teknologi dalam dunia pendidikan sebagai bagian dari strategi penguatan mutu dan akses pendidikan yang merata.

Menurut laporan Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) pada tahun 2023, sebanyak 81% sekolah di Indonesia telah terkoneksi dengan jaringan internet, menunjukkan bahwa mayoritas lembaga pendidikan mulai bertransformasi menuju digitalisasi pembelajaran. Namun demikian, 19% sekolah lainnya masih mengalami kesenjangan digital karena berbagai hambatan, termasuk keterbatasan infrastruktur, letak geografis yang sulit dijangkau, keterbatasan listrik, dan kurangnya sumber daya manusia yang memahami pengelolaan teknologi secara optimal. Kondisi ini menunjukkan bahwa walaupun kemajuan telah dicapai, masih terdapat tantangan besar dalam pemerataan akses dan pemanfaatan teknologi di dunia pendidikan Indonesia.

SMAN 12 Pekanbaru, sebagai salah satu sekolah menengah atas negeri di Provinsi Riau, merupakan contoh nyata dari sekolah yang telah mengadopsi pendekatan pembelajaran berbasis TIK secara progresif. Sekolah ini memiliki jumlah siswa sebanyak 1366 orang dan 84 guru, serta telah dilengkapi dengan berbagai fasilitas pendukung seperti laboratorium komputer, laboratorium bahasa, serta konektivitas internet di ruang kelas, kantor, dan area penting lainnya. Dalam implementasinya, jaringan di SMAN 12 Pekanbaru didukung oleh berbagai perangkat access point, router, dan komputer yang terhubung melalui sistem LAN dan Wi-Fi, memungkinkan siswa dan guru untuk terhubung ke sumber belajar digital, platform ujian daring, serta sistem informasi akademik secara real time.

Namun, dengan jumlah pengguna yang sangat besar dan aktivitas jaringan yang tinggi terutama pada jam-jam operasional sekolah, tantangan besar muncul pada pengelolaan bandwidth internet yang tersedia. Bandwidth sebesar 60 Mbps yang disediakan oleh PT. Telkom sering kali tidak mampu mengakomodasi seluruh kebutuhan pengguna, terutama ketika terjadi lonjakan akses yang bersamaan. Situasi ini menyebabkan penurunan drastis pada kecepatan koneksi, bahkan dalam beberapa kondisi dapat turun hingga di bawah 1 Mbps. Hal ini tidak hanya mengganggu proses pembelajaran daring dan akses ke sistem administrasi sekolah, tetapi juga menurunkan kualitas pengalaman pengguna dalam memanfaatkan layanan digital secara optimal.

Masalah utama yang dihadapi adalah ketiadaan sistem manajemen bandwidth yang memadai. Seluruh pengguna berbagi bandwidth secara merata tanpa adanya prioritas layanan, sehingga pengguna di ruang prioritas seperti laboratorium komputer, ruang server, dan ruang administrasi pun mengalami kelambatan akses. Hal ini tentu sangat merugikan proses akademik dan manajerial yang bergantung pada kecepatan serta stabilitas koneksi internet.

Untuk mengatasi masalah tersebut, metode manajemen bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) diterapkan sebagai solusi yang bersifat adaptif dan efisien. HTB memungkinkan administrator jaringan untuk mengatur alokasi bandwidth secara hierarkis berdasarkan tingkat kepentingan dan

kebutuhan pengguna. Misalnya, bandwidth minimum dapat dijamin untuk ruang laboratorium dan ruang administrasi agar layanan esensial tetap berjalan lancar, sementara bandwidth maksimum dapat diatur agar tidak terjadi monopoli penggunaan oleh pengguna tertentu. Metode ini juga memungkinkan pembagian bandwidth berdasarkan kelas trafik dan waktu penggunaan, sehingga distribusi jaringan menjadi lebih adil, stabil, dan terkontrol.

Lebih jauh, penerapan metode HTB juga sejalan dengan prinsip efisiensi sumber daya, karena sekolah tidak perlu menambah kapasitas bandwidth secara terus-menerus yang tentu saja memerlukan biaya tambahan. Dengan pengaturan yang tepat, sekolah dapat mengoptimalkan bandwidth yang sudah tersedia agar dapat memenuhi kebutuhan pembelajaran, manajemen data, serta mendukung kegiatan digital lainnya seperti presentasi interaktif, video conference, dan sistem penilaian daring. Pengelolaan bandwidth yang baik juga membantu mencegah penyalahgunaan jaringan untuk aktivitas non-akademik seperti streaming video berkualitas tinggi atau pengunduhan file besar di luar jam pembelajaran.

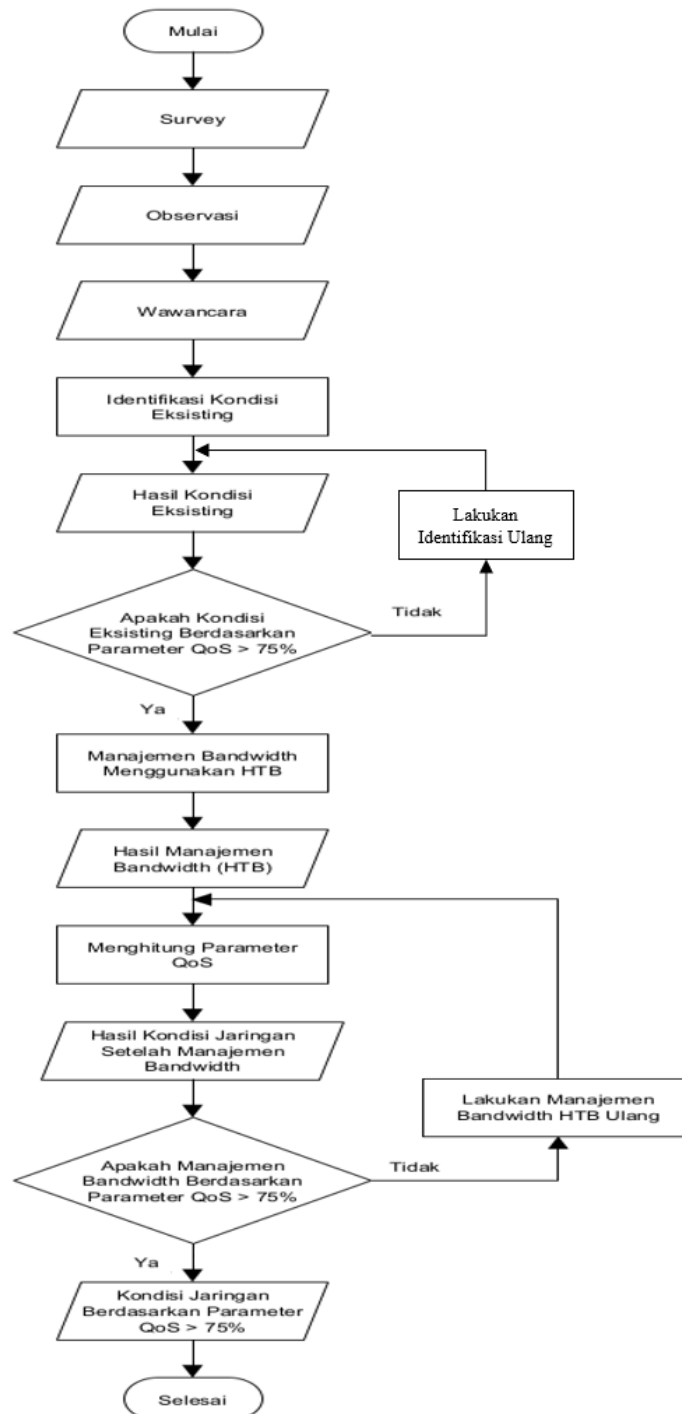
Secara strategis, implementasi manajemen bandwidth berbasis HTB juga merupakan langkah proaktif dalam mewujudkan sekolah digital yang tangguh dan berkelanjutan. Dengan memastikan bahwa konektivitas jaringan dapat diatur secara efisien, sekolah dapat meningkatkan daya saingnya dalam mengadopsi sistem pendidikan digital, memperluas cakupan pembelajaran daring, serta memperkuat integrasi teknologi dalam seluruh aspek operasional sekolah. Hal ini pada akhirnya akan menciptakan ekosistem pendidikan yang adaptif terhadap perkembangan zaman, sekaligus menjawab tantangan digitalisasi pendidikan di tingkat sekolah menengah. Namun, penelitian terdahulu yang menggunakan metode PCQ (*Per Connection Queue*), *Simple Queue*, maupun teknik load balancing menunjukkan bahwa pembagian sumber daya jaringan belum sepenuhnya optimal pada konteks sekolah dengan jumlah pengguna besar dan fluktuasi trafik tinggi. Beberapa studi juga belum menyajikan evaluasi kinerja berdasarkan standar kualitas layanan yang terukur. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa implementasi dan evaluasi *Hierarchical Token Bucket* (HTB) yang disesuaikan dengan prioritas layanan pendidikan, serta analisis performa QoS yang dibandingkan sebelum dan sesudah penerapan metode tersebut, sehingga dapat memberikan kontribusi lebih konkret bagi optimalisasi jaringan sekolah.

2. METODE

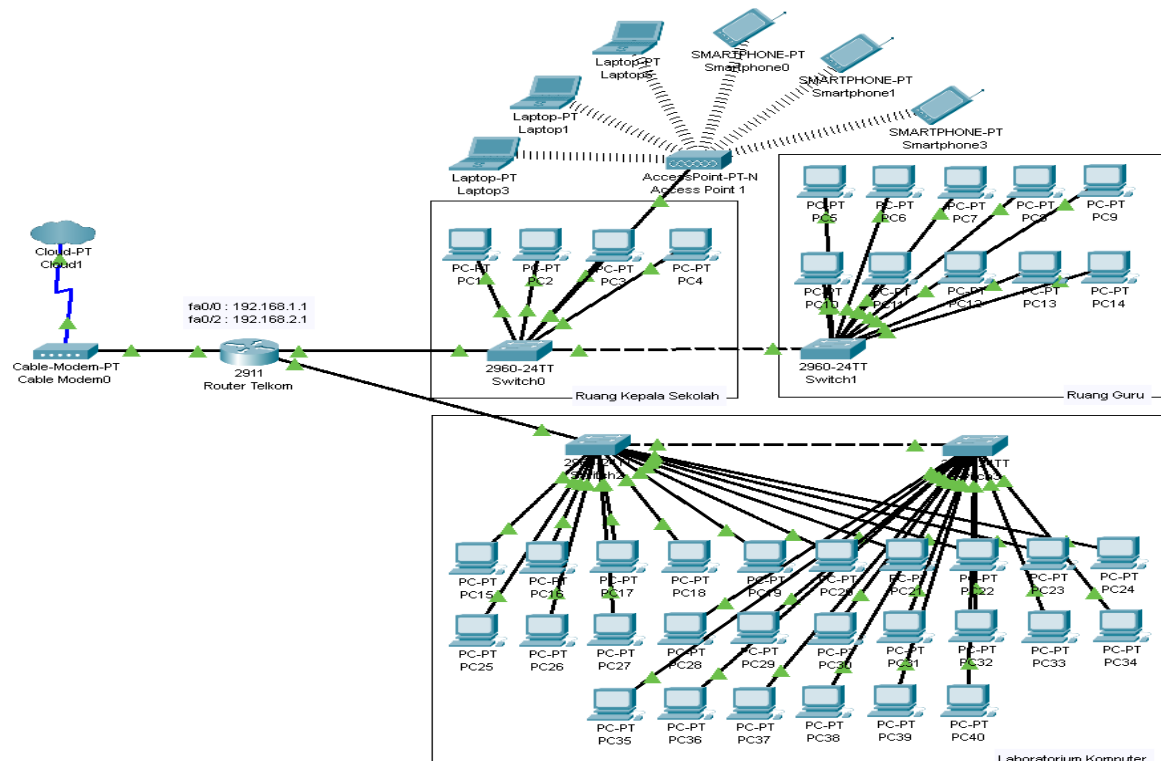
Penelitian ini dilaksanakan di dalam kompleks SMAN 12 Pekanbaru dengan kondisi jaringan yang menggunakan layanan *cloud* internet milik PT Telkom, dengan kapasitas *bandwidth* sebesar 60 Mbps. Infrastruktur layanan terdiri dari perangkat Mikrotik, *router* hub, infrastruktur topologi *tree* yang menghubungkan tiga ruangan dengan *access point*. Ketiga ruang tersebut adalah ruang kepala sekolah, ruang guru, dan ruang laboratorium. Selain itu juga terdapat masing-masing *personal computer* di dalam ketiga ruangan tersebut dengan jumlah 40 perangkat *personal computer*. Penelitian akan dilaksanakan selama 5 bulan mulai dari pengambilan informasi yaitu survey, observasi, dan wawancara, perancangan manajemen *bandwidth*, pengujian manajemen *bandwidth*, hingga masa penyempurnaan manajemen *bandwidth*. Teknik antrian *Hierarchical Token Bucket* memberikan fasilitas pembatasan trafik pada setiap level maupun klasifikasi, *bandwidth* yang tidak terpakai dapat digunakan oleh klasifikasi yang lebih rendah. *Hierarchical Token Bucket* berperan dalam mengontrol penggunaan *bandwidth* terhadap link yang diberikan kepada klien. *Hierarchical Token Bucket* memungkinkan penggunaan fisik link single untuk menampilkan multiple link dan untuk mengirimkan jenis *traffic* yang berbeda pada tampilan link yang berbeda.

Penelitian ini akan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* dalam manajemen *bandwidth* di jaringan internet SMAN 12 Pekanbaru. Pertama yang akan dilakukan adalah menentukan kategori pengguna berdasarkan tingkatan prioritas akses internet. Mulai dari ruang laboratorium komputer, kemudian ruang kepala sekolah, dan ruang guru. Selanjutnya, manajemen *bandwidth* akan diberikan kepada pengguna lain yang tidak terlalu memerlukan akses internet. Hal ini dilakukan agar dapat memenuhi kebutuhan *bandwidth* pada proses pembelajaran yang menjadi prioritas tertinggi dalam

penelitian. Kemudian setelah mendapatkan prioritas dalam metode *Hierarchical Token Bucket* yaitu menentukan dan melakukan persiapan seperti instalasi kebutuhan perangkat lunak dan keras penelitian. Setelah semua kebutuhan perangkat selesai, akan dilakukan konfigurasi parameter *Hierarchical Token Bucket*. Kemudian mengimplementasikan skrip dalam manajemen *bandwidth* pada perangkat konfigurasi dan penerapan *Quality of Service* untuk menguji seberapa besar pengaruh dan keberhasilan manajemen *bandwidth* menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* di jaringan internet milik SMAN 12 Pekanbaru. *Flowchart* penelitian yang akan diterapkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian



Gambar 2. Topologi Jaringan Internet SMAN 12 Pekanbaru

Untuk memastikan kualitas layanan jaringan di SMAN 12 Pekanbaru, dilakukan pengujian terhadap beberapa parameter utama yaitu *bandwidth*, *throughput*, *delay*, dan *packet loss*. Pengujian ini bertujuan untuk menilai performa jaringan secara menyeluruh, serta mengidentifikasi kendala teknis yang dapat menghambat kegiatan pembelajaran digital.

Pengujian *bandwidth* dilakukan untuk mengukur kapasitas maksimum jaringan dalam mentransfer data dalam satuan waktu tertentu. Pengujian ini memanfaatkan aplikasi seperti *Speedtest by Ookla* guna mengukur kecepatan unggah dan unduh di beberapa titik akses. Hasil pengukuran digunakan untuk membandingkan kecepatan aktual yang diterima dengan kapasitas layanan yang disediakan oleh ISP. Pengujian dilakukan pada berbagai waktu, terutama saat jam sibuk, untuk mengamati fluktuasi kecepatan yang terjadi.

Selain *bandwidth*, dilakukan pula pengujian *throughput* untuk mengetahui seberapa besar data yang benar-benar berhasil ditransmisikan dalam kondisi nyata. Meskipun *bandwidth* menunjukkan kapasitas maksimal jaringan, *throughput* mencerminkan performa sebenarnya. Pengukuran dilakukan menggunakan alat seperti *iPerf* yang mampu mengukur lalu lintas data secara langsung antar perangkat. Nilai *throughput* yang optimal menandakan bahwa jaringan mampu mengalirkan data secara efisien, sedangkan nilai yang rendah dapat menunjukkan adanya hambatan atau kemacetan jaringan.

Pengujian *delay* atau latensi juga menjadi bagian penting dalam evaluasi jaringan. *Delay* menunjukkan waktu yang dibutuhkan data untuk berpindah dari sumber ke tujuan dan kembali lagi. Pengukuran dilakukan menggunakan perintah *ping* untuk menghitung waktu *round trip* paket data. Latensi yang tinggi dapat berdampak negatif terhadap aplikasi real-time seperti pembelajaran video daring atau konferensi virtual, sehingga menjadi indikator krusial dalam penilaian kualitas jaringan sekolah.

Selain itu, parameter *packet loss* turut diuji untuk mengetahui sejauh mana integritas data dapat terjaga selama transmisi. Packet loss terjadi ketika sebagian paket data gagal mencapai tujuan, yang dapat mengakibatkan kerusakan konten atau gangguan komunikasi. Pengujian dilakukan menggunakan perintah *ping* dan *traceroute* guna mengetahui presentase paket yang hilang dalam jalur komunikasi tertentu. Nilai packet loss yang rendah menunjukkan jaringan yang stabil dan andal, sedangkan nilai yang tinggi menandakan adanya gangguan serius dalam konektivitas.

Dengan melakukan pengujian menyeluruh terhadap keempat parameter tersebut, pengelola jaringan dapat memperoleh gambaran lengkap mengenai kinerja jaringan sekolah. Hasil pengujian ini juga menjadi dasar penting dalam perancangan sistem manajemen bandwidth berbasis metode Hierarchical Token Bucket (HTB), guna memastikan distribusi koneksi internet yang lebih adil, stabil, dan sesuai prioritas penggunaan.

Evaluasi QoS dalam penelitian ini berpedoman pada standar ITU-T G.1010 dan rekomendasi Tiphon untuk menilai kualitas akses data real-time. Setiap parameter dihitung secara matematis menggunakan rumus umum QoS, seperti $\text{throughput} = (\text{data menerima [bit]}) / \text{waktu transmisi (detik)}$, $\text{delay} = \text{waktu round trip rata-rata}$, dan $\text{packet loss} = (\text{paket hilang} / \text{paket dikirim}) \times 100\%$. Hasil pengujian sebelum dan sesudah implementasi HTB dibandingkan untuk mengetahui tingkat peningkatan performa jaringan secara kuantitatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam sistem manajemen bandwidth di lingkungan SMAN 12 Pekanbaru, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas metode tersebut terhadap peningkatan kualitas layanan jaringan. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada empat parameter utama, yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *bandwidth*, dengan menguji performa akses ke tiga situs berbeda, yaitu www.cnn.com, www.facebook.com, dan www.gmail.com. Pengujian ini dilakukan pada waktu jam sibuk guna memperoleh hasil yang representatif terhadap kondisi riil di lapangan.

Berdasarkan hasil analisis dari parameter *throughput*, *delay*, *packet loss* dan *bandwidth* didapatkan hasil akhir dari penelitian ini.

Tabel 1. Hasil Analisis Akhir Dari Seluruh Parameter

Web	Average Throughput	Persentase (%)	Predikat Tiphon	Nilai
cnn.com	480753	16.025	Jelek	1
facebook.com	500854	16.695	Jelek	1
gmail.com	229855	7.662	Jelek	1
Web	Average Packet loss	Persentase (%)	Predikat Tiphon	Nilai
cnn.com	47	5	Bagus	3
facebook.com	23	2	Sangat Bagus	4

gmail.com	24	2	Sangat Bagus	4
Web	<i>Average Delay</i>		Predikat Tiphon	Nilai
cnn.com	101		Sangat Bagus	4
facebook.com	41		Sangat Bagus	4
gmail.com	90		Sangat Bagus	4
Hasil penjumlahan Nilai				26
Dibagi jumlah Parameter yang di				2.89

Berdasarkan hasil pengujian terhadap seluruh parameter utama yang terdiri dari *throughput*, *packet loss*, dan *delay*, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam manajemen bandwidth memberikan dampak yang positif terhadap kualitas layanan jaringan di lingkungan SMAN 12 Pekanbaru. Dari pengolahan data kuantitatif yang diperoleh melalui serangkaian pengujian pada beberapa situs web populer, diketahui bahwa indeks nilai akhir setelah implementasi HTB mencapai angka 2,89. Nilai ini berada pada kategori “sedang” dalam predikat Tiphon, yang menunjukkan adanya peningkatan kualitas layanan dibandingkan dengan kondisi sebelum implementasi metode ini.

Jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada Tabel 2.2, yaitu kualitas layanan sebelum penggunaan metode HTB, terlihat adanya peningkatan yang signifikan pada parameter *throughput*. Sebagai contoh, pada pengujian yang dilakukan terhadap situs www.cnn.com, *throughput* meningkat dari sebelumnya 13,2504% menjadi 16,025%, menunjukkan bahwa lebih banyak data yang berhasil ditransmisikan dalam waktu tertentu setelah HTB diterapkan. Peningkatan yang lebih besar bahkan terjadi pada situs www.facebook.com, di mana *throughput* naik drastis dari 3,3535% menjadi 16,695%, mencerminkan peningkatan efisiensi pemanfaatan bandwidth secara nyata.

Selain *throughput*, peningkatan kualitas layanan juga terlihat sangat jelas pada parameter *packet loss*. Sebelum menggunakan metode HTB, rata-rata nilai *packet loss* yang terjadi cukup tinggi, yakni 18% hingga 19%, yang dapat berdampak langsung pada kestabilan koneksi dan kualitas layanan, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan transmisi data secara kontinu seperti video streaming atau komunikasi daring. Setelah metode HTB diterapkan, terjadi penurunan drastis pada tingkat *packet loss*, di mana nilai pada www.cnn.com turun menjadi 5%, www.facebook.com menjadi 2%, dan www.gmail.com juga sebesar 2%. Penurunan ini menunjukkan bahwa mekanisme antrian dan pembagian bandwidth yang dilakukan oleh metode HTB mampu mengurangi beban jaringan dan menghindari kemacetan pada jalur komunikasi data.

Peningkatan *throughput* pada www.facebook.com sebesar 13,34% (dari 3,3535% menjadi 16,695%) menunjukkan peningkatan efisiensi pemanfaatan bandwidth sebesar 397,7%. Pada *packet loss*, penurunan hingga 78,9% pada www.cnn.com mencerminkan peningkatan stabilitas jaringan secara

signifikan. Sedangkan penurunan delay pada www.facebook.com sebesar 94 ms atau 69,6% memperlihatkan peningkatan kualitas layanan untuk trafik interaktif dan real-time.

Berdasarkan kategori Tiphon, indeks akhir 2,89 menunjukkan peningkatan kualitas dari kategori “cukup” menjadi mendekati “baik”. Jika dikorelasikan dengan standar ITU-T, nilai delay yang berada di bawah 150 ms telah memenuhi standar kualitas komunikasi data yang baik untuk aplikasi pembelajaran daring.

Lebih lanjut, pada parameter delay, yang mengukur waktu tunda dalam proses pengiriman data dari sumber ke tujuan, juga mengalami perbaikan yang signifikan. Sebelumnya, situs www.facebook.com mencatat delay sebesar 135 ms, namun setelah penerapan HTB, angka tersebut turun drastis menjadi hanya 41 ms. Begitu juga dengan situs www.cnn.com, dari delay sebesar 108 ms menurun menjadi 101 ms, dan www.gmail.com mencatat delay sebesar 90 ms. Penurunan delay ini sangat penting dalam mendukung kenyamanan akses terhadap aplikasi berbasis internet, terutama yang memerlukan respons cepat seperti e-learning, video conference, dan platform komunikasi sinkron lainnya.

Jika dibandingkan dengan pendekatan manajemen bandwidth lain seperti PCQ dan Simple Queue, HTB memberikan fleksibilitas yang lebih baik dalam mengatur prioritas layanan berdasarkan kelas trafik dan jam penggunaan. PCQ cenderung membagi bandwidth secara merata tanpa mempertimbangkan prioritas layanan, sedangkan Simple Queue memiliki kendala dalam skalabilitas ketika jumlah klien meningkat. Dengan demikian, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa HTB lebih sesuai diterapkan pada lingkungan sekolah dengan kebutuhan layanan akademik yang harus diprioritaskan.

Secara keseluruhan, indeks nilai akhir yang semula berada pada angka 2,33 sebelum penerapan HTB, meningkat menjadi 2,89 setelah penerapan. Angka ini menggambarkan adanya peningkatan kualitas layanan jaringan secara menyeluruh, baik dari segi efisiensi transmisi data, kestabilan koneksi, maupun kecepatan akses layanan digital. Dengan demikian, hasil ini menegaskan bahwa metode HTB dapat menjadi solusi yang efektif dalam mengelola bandwidth jaringan sekolah agar lebih optimal, seimbang, dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna, terutama dalam mendukung kegiatan belajar mengajar berbasis teknologi.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pengujian hanya dilakukan pada tiga ruangan prioritas dengan bandwidth tunggal 60 Mbps sehingga hasil performa belum mewakili keseluruhan jaringan sekolah. Selain itu, durasi pengujian masih terbatas pada periode penelitian tanpa pengamatan jangka panjang terhadap fluktuasi trafik harian maupun musiman.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan pengujian teknis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) sebagai solusi manajemen bandwidth di lingkungan SMAN 12 Pekanbaru terbukti memberikan dampak yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi dan performa jaringan. Penggunaan metode HTB yang diimplementasikan melalui fitur *queue tree* pada perangkat router berhasil mengatur pembagian bandwidth secara hierarkis dan proporsional sesuai dengan kebutuhan serta tingkat prioritas dari masing-masing ruangan atau pengguna jaringan.

Pengujian teknis yang dilakukan menggunakan parameter throughput, delay, packet loss, dan bandwidth menunjukkan perbaikan kinerja jaringan yang nyata setelah penerapan metode HTB. Hasil pengukuran throughput menunjukkan peningkatan yang cukup besar, seperti pada situs www.cnn.com yang meningkat dari 13,2504% menjadi 16,025%, dan www.facebook.com dari 3,3535% menjadi 16,695%. Ini menandakan bahwa kecepatan transfer data menjadi lebih stabil dan sesuai dengan

kapasitas jaringan yang tersedia. Penurunan packet loss dari 18–19% menjadi 2–5% juga mengindikasikan bahwa data yang dikirimkan melalui jaringan menjadi lebih andal dan minim kehilangan, yang sangat penting dalam memastikan integritas komunikasi data.

Selain itu, parameter delay yang sebelumnya cukup tinggi mengalami penurunan drastis, menunjukkan bahwa waktu tunda dalam pengiriman data menjadi lebih singkat. Ini sangat berdampak positif bagi layanan yang bersifat real-time seperti pembelajaran daring, konferensi video, dan penggunaan sistem manajemen pembelajaran (LMS) di sekolah. Secara umum, peningkatan indeks nilai akhir dari 2,33 menjadi 2,89 berdasarkan kategori Tiphon menunjukkan bahwa kualitas layanan jaringan meningkat dari level cukup menjadi sedang, dengan arah yang jelas menuju kategori baik.

Penerapan HTB juga membantu memastikan bahwa ruangan-ruangan dengan tingkat urgensi tinggi seperti laboratorium komputer dan ruang administrasi tetap mendapatkan prioritas bandwidth lebih besar dibandingkan dengan area-area publik seperti access point di area siswa, yang kerap menjadi titik konsumsi bandwidth non-akademik. Dengan manajemen ini, aktivitas-aktivitas penting seperti ujian daring, presentasi multimedia, dan pengelolaan data sekolah dapat berlangsung tanpa gangguan.

Agar pengelolaan bandwidth di SMAN 12 Pekanbaru semakin optimal, penulis memberikan beberapa saran untuk pengembangan dan penelitian lebih lanjut:

Pertama, direkomendasikan untuk menambahkan sistem pengenalan perangkat berdasarkan MAC Address sebagai filter tambahan dalam manajemen bandwidth. Dengan menerapkan MAC binding, setiap pengguna hanya dapat mengakses jaringan menggunakan satu perangkat yang telah terdaftar, sehingga mencegah penyalahgunaan bandwidth oleh pengguna yang menghubungkan beberapa perangkat sekaligus. Sistem ini juga akan memudahkan pengaturan bandwidth berbasis identitas pengguna secara lebih akurat dan adil.

Kedua, disarankan untuk mengintegrasikan metode load balancing guna mendistribusikan beban trafik secara seimbang apabila sekolah memiliki lebih dari satu jalur koneksi internet. Metode ini memungkinkan penggunaan lebih optimal dari total bandwidth yang tersedia, serta meningkatkan redundansi jika salah satu jalur mengalami gangguan. Implementasi load balancing juga dapat meminimalisir bottleneck, mempercepat waktu respons, dan menjaga kestabilan jaringan secara menyeluruh dengan biaya tambahan yang relatif rendah.

Ketiga, penting bagi pihak sekolah untuk secara berkala melakukan evaluasi dan monitoring terhadap performa jaringan, baik melalui software analisis jaringan maupun melalui log penggunaan. Hal ini dapat menjadi dasar pengambilan keputusan dalam memperbarui kebijakan manajemen jaringan, termasuk dalam menghadapi peningkatan jumlah pengguna maupun perangkat di masa mendatang.

Dengan dukungan kebijakan yang baik dan peningkatan kapasitas sumber daya manusia dalam mengelola sistem jaringan, penerapan metode HTB dan strategi pendukung lainnya diharapkan mampu menjadikan jaringan internet di SMAN 12 Pekanbaru sebagai tulang punggung yang andal bagi transformasi pendidikan berbasis teknologi di era digital saat ini.

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan MAC binding direkomendasikan untuk mengurangi konsumsi bandwidth dari perangkat tidak resmi yang dapat mengganggu prioritas layanan. Integrasi load balancing juga perlu dipertimbangkan apabila sekolah menambah jalur koneksi tambahan untuk menjaga kualitas layanan jaringan tetap stabil pada kondisi trafik yang meningkat. Kedua pengembangan tersebut sangat relevan dengan kendala dan temuan yang diperoleh dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam rangka menyelesaikan penelitian ini yang berjudul *Perancangan Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Internet Menggunakan Hierarchical Token Bucket (HTB) Di SMAN 12 Pekanbaru*, ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pembimbing, Ibu Noveri Lisbetty Marpaung, S.T., M.Sc., atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang luar biasa selama proses penelitian ini. Kesabaran dan pengetahuan yang Ibu berikan sangat berharga dalam mengembangkan proyek ini. Setiap diskusi dan masukan dari Ibu selalu memberikan perspektif baru yang memotivasi untuk menggali lebih dalam dan mencapai hasil yang lebih baik. Ibu telah menjadi sumber inspirasi yang tiada henti, mendorong untuk berpikir kritis dan inovatif.

Terima kasih juga kepada semua dosen yang terlibat dalam penelitian ini. Kontribusi dan wawasan yang diberikan tidak hanya memperkaya penelitian ini, tetapi juga memberikan inspirasi dan motivasi untuk terus belajar dan berkembang. Setiap saran dan kritik yang disampaikan telah membantu dalam penyempurnaan karya ini, dan keahlian yang dimiliki oleh para dosen sangat mempengaruhi kualitas penelitian yang dilakukan. Pengetahuan yang diperoleh dari berbagai dosen memberikan landasan yang kuat dalam memahami konsep dan praktik pengelolaan bandwidth yang efektif.

Pengalaman berharga yang didapat selama proses penelitian ini tidak akan terlupakan. Ibu dan seluruh dosen telah menunjukkan dedikasi yang tinggi dalam mendidik dan membimbing mahasiswa, dan hal ini sangat menginspirasi. Melalui bimbingan yang diberikan, mahasiswa diperlihatkan pentingnya profesionalisme dan etika dalam pengelolaan proyek. Semoga kebaikan dan dedikasi yang telah ditunjukkan menjadi berkah bagi banyak mahasiswa di masa yang akan datang, serta dapat terus memotivasi generasi selanjutnya untuk mencapai prestasi yang lebih tinggi.

Sebagai mahasiswa jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Riau, saya merasa beruntung dapat belajar di lingkungan yang mendukung pengembangan keterampilan dan pengetahuan. Dengan dukungan dari dosen dan rekan-rekan, proses penelitian ini menjadi perjalanan yang sangat berharga. Setiap langkah dalam penelitian ini telah memberikan pelajaran berharga yang tidak hanya terkait dengan aspek teknis, tetapi juga tentang kerja sama tim dan manajemen waktu.

Dengan segala hormat, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan. Harapan besar agar kita semua dapat terus berkontribusi dalam dunia pendidikan dan penelitian, menciptakan inovasi yang bermanfaat, dan menghadirkan solusi yang nyata dalam pengelolaan bandwidth di lingkungan pendidikan. Semoga penelitian ini tidak hanya menjadi karya akademis, tetapi juga menjadi alat yang berguna bagi pengguna dalam mengelola bandwidth secara efisien dan efektif, serta meningkatkan kualitas akses internet untuk mendukung proses belajar mengajar di SMAN 12 Pekanbaru.

REFERENSI

- [1] Apriadi, Zainuddin, A., & Irfan, L. A. S. (2015). *Analisis QoS (Quality of Service) Jaringan Internet Kampus (Studi Kasus : Fakultas Teknik Universitas Mataram)*. 1–9.
- [2] Ardiansa, G. F. E., Primananda, R., & Hanafi, M. H. (2017). Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 1(11), 47.
- [3] Eko Agus Darmadi, S.Kom., M. (2019). Manajemen Bandwidth Internet Menggunakan Mikrotik Router di Politeknik Tri Mitra Karya Mandiri. *Ikra-ITH Teknologi: Jurnal Sains & Teknologi*, 3(3), 7–13.
- [4] Ginta, P. W., Kusuma, G. P., & Negara, E. K. (2013). Implementasi Tools Network Mapper pada Lokal Area Network (LAN). *Jurnal Media Infotama*, 9(2), 118–138.

- M. H. Hanipah, R., & Dhika, H. (2020). Analisa Pencegahan Aktivitas Ilegal Didalam Jaringan Dengan Wireshark. *DoubleClick: Journal of Computer and Information Technology*, 4(1), 11.
- [5] Hardiani, T., Esi Putri Silmina, & Danur Wijayanto. (2023). Pelatihan Jaringan Komputer Menggunakan Cisco Packet Tracer di SMK Ar Rahmah Bantul. *Dharma Raflesia : Jurnal Ilmiah Pengembangan Dan Penerapan IPTEKS*, 21(1), 90–97.
- [6] Hasbi, M., & Saputra, N. R. (2021). Analisis *Quality of Service* (Qos) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark. *Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 12(1), 1–7.
- [7] Krisbiyanto, A., & Nadhifah, I. (2022). Pengaruh Lokasi dan Citra Sekolah Terhadap Keputusan Siswa Memilih Sekolah di Sekolah Menengah Atas Negeri. *Academicus: Journal of Teaching and Learning*, 1(1), 20–31.
- [8] Kurniastuti, A. (2017). Mengenal Jaringan LAN (Local Area Network). *Jurnal Matematika Dan Komputer*, 4(3), 1–9.
- [9] Lukman, L., Saputro, A. M., Wicaksono, A. S., Hartomo, F. H. T., & Jatun, M. N. (2019). Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) di Farid.net. *Creative Information Technology Journal*, 5(3), 209.
- [10] Muhammad, M., & Hasan, I. (2016). Analisa Dan Pengembangan Jaringan Wireless Berbasis Mikrotik Router Os V.5.20 Di Sekolah Dasar Negeri 24 Palu. *Jurnal Elektronik Sistem Informasi Dan Komputer*, 2(1), 10–19.
- [11] Nugroho, H. A. S. A., Sonhaji, & Prasetyo, A. C. (2024). Evaluasi Kinerja Jaringan WiFi Mahasiswa : Analisis Throughput , Delay , Jitter , dan Packet loss. *Jurnal BATIRSI*, 8(1), 23–27.
- [12] Nurdadyansyah, N., & Hasibuan, M. (2021). Perancangan Local Area Network Menggunakan NDLC Untuk Meningkatkan Layanan Sekolah. *Jurnal KONIK*, 5, 342–346.
- [13] Riadi, I., & Wicaksono, W. P. (2011). Implementasi *Quality of Service* Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket*. *JUSI Vol. 1, No. 2 September 2011*, 1(2), 93–104.
- [14] Sanudin. (2017). Rancang Bangun Jaringan Lan Dan Wireless Lan Pada Smkn 1 Cikarang Pusat Menggunakan Mikrotik. *Jurnal Teknologi Pelita Bangsa*, 8(4), 317–322.
- [15] Wisnumurti, & Rahayu, S. (2016). Impelementasi Insight Teacher pada Classroom Management (Studi Kasus SMKN 1 Martapura). *JIK*, 7(2), 32113.
- [16] ITU-T G.1010. (2021). Quality of Service Requirements for Internet Applications.
- [17] A. T. Suryani et al. (2022). QoS Analysis on HTB vs PCQ in Educational Networks. *Journal of Network Systems*, 11(2), 55-64.
- [18] Nurhayati, A., & Pratama, R. (2023). Bandwidth Optimization using Queue Scheduling. *IJNMS*, 8(1), 12-21.