

Implementation Of HTB And Cacti Methods For Bandwidth Allocation And Network Monitoring At SMA N 2 Bengkulu City

Oki Zainal Abidin ¹⁾; Hari Aspriyono ²⁾; Abdussalam Al Akbar ³⁾

^{1,2,3)} Universitas Dehasen Bengkulu

Email: ¹⁾ okizainalabidin12@gmail.com

How to Cite :

Abidin. O. Z., Aspriyono. H., Akbar. A. A. (2026). Implementation Of Htb And Cacti Methods For Bandwidth Allocation And Network Monitoring At SMAN 2 Bengkulu City. Jurnal Media Computer Science, 5(1)

ARTICLE HISTORY

Received [16 Agustus 2025]

Revised [25 Januari 2026]

Accepted [27 Januari 2026]

KEYWORDS

HTB, Cacti, Computer Networks, Network Monitoring, Bandwidth.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

SMAN 2 Kota Bengkulu merupakan salah satu sekolah menengah atas yang telah memanfaatkan jaringan komputer untuk mendukung kegiatan pembelajaran, khususnya di laboratorium komputer. Namun, permasalahan muncul karena belum adanya sistem yang dapat mengatur pembagian bandwidth secara merata dan memantau perangkat yang terhubung dalam jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dalam mengatur alokasi bandwidth agar lebih adil sesuai kebutuhan, serta menggunakan Cacti sebagai alat monitoring jaringan berbasis open source. HTB memungkinkan pembagian bandwidth yang proporsional dengan menentukan prioritas penggunaan jaringan, sedangkan Cacti berfungsi menampilkan kondisi perangkat (aktif/nonaktif) berdasarkan alamat IP serta menyajikan data dalam bentuk grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode HTB berhasil meningkatkan pemerataan distribusi bandwidth, sementara Cacti mampu memberikan informasi kondisi jaringan secara real time sehingga mendukung kinerja administrator dalam mengelola jaringan sekolah.

ABSTRACT

SMAN 2 Bengkulu City is one of the senior high schools that has utilized computer networks to support teaching and learning activities, particularly in its computer laboratory. However, problems arise due to the absence of a system that can fairly distribute bandwidth and monitor connected devices. This study aims to implement the Hierarchical Token Bucket (HTB) method for bandwidth allocation and employ Cacti as an open-source network monitoring tool. HTB enables proportional bandwidth distribution by determining network usage priorities, while Cacti monitors devices based on IP addresses and presents the network conditions (active/inactive) in graphical form. The results indicate that the application of HTB improves the fairness of bandwidth distribution, while Cacti provides real-time information about network conditions, thereby supporting administrators in effectively managing the school's network.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat mendorong kompleksitas jaringan komputer pada berbagai institusi, termasuk lembaga pendidikan. Jaringan komputer tidak lagi sekadar fasilitas tambahan, tetapi telah menjadi infrastruktur vital dalam mendukung kegiatan belajar-mengajar, penelitian, dan manajemen sekolah. Penggunaan jaringan komputer di sekolah menengah, khususnya di laboratorium komputer, memungkinkan siswa dan guru untuk mengakses

sumber belajar digital, mengembangkan literasi teknologi, serta memfasilitasi pembelajaran berbasis internet (Pratama, 2021). Namun, semakin kompleksnya jaringan juga membawa tantangan baru, seperti kesulitan pengawasan dan pengelolaan jaringan secara efektif (Jeffrey, 2021). Di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu, laboratorium komputer telah dilengkapi jaringan internet dengan kecepatan 30 Mbps. Meskipun demikian, keterbatasan muncul karena belum adanya sistem yang dapat mengatur pembagian bandwidth secara merata. Akibatnya, kecepatan internet yang diterima tiap komputer berbeda, bahkan sering kali tidak optimal. Selain itu, belum terdapat sistem monitoring yang dapat membantu administrator dalam mendeteksi perangkat aktif atau gangguan jaringan secara real time. Kondisi ini menimbulkan ketergantungan pada laporan manual pengguna jaringan ketika terjadi kendala. Hal ini jelas mengurangi efisiensi dan efektivitas pemanfaatan jaringan komputer di sekolah (Sucipto, 2019). Untuk mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dalam manajemen bandwidth dan Cacti sebagai perangkat lunak monitoring jaringan. HTB merupakan teknik penjadwalan paket yang sering digunakan dalam konfigurasi router berbasis Linux. Dengan struktur hierarki, metode ini memungkinkan adanya pembagian bandwidth secara adil melalui mekanisme parent dan child queue, sehingga setiap komputer mendapat alokasi bandwidth sesuai kebutuhan. HTB juga memberikan fleksibilitas dalam menentukan prioritas trafik jaringan, sehingga aplikasi yang lebih penting dapat diutamakan dibandingkan aplikasi lain yang bersifat sekunder (Triswanti, 2022).

Sementara itu, Cacti adalah perangkat lunak open source yang berfungsi sebagai network monitoring system (NMS). Cacti memungkinkan administrator untuk memantau perangkat jaringan seperti modem, router, maupun access point secara terpusat. Dengan dukungan database dan antarmuka berbasis web, Cacti dapat menampilkan kondisi perangkat (aktif/nonaktif), penggunaan bandwidth, dan performa jaringan dalam bentuk grafik. Fitur ini memberikan kemudahan dalam deteksi dini gangguan jaringan dan pengambilan keputusan perbaikan (Ipnuwati, 2024). Oleh karena itu, kombinasi penerapan HTB dan Cacti diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa monitoring jaringan menggunakan perangkat lunak open source terbukti lebih efisien dari segi biaya dan fleksibel untuk dikembangkan sesuai kebutuhan. Misalnya, penggunaan Wireshark sebagai alat analisis lalu lintas jaringan telah banyak digunakan dalam dunia pendidikan maupun industri untuk memecahkan masalah keamanan dan kinerja (Wicaksana, 2025). Namun, Wireshark lebih menekankan pada analisis paket data, sedangkan Cacti berfokus pada pemantauan perangkat dan bandwidth secara keseluruhan. Hal ini membuat Cacti lebih sesuai digunakan dalam konteks sekolah, karena bersifat praktis dan mudah dipahami administrator jaringan yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis mendalam. Secara konseptual, penelitian ini berangkat dari teori Quality of Service (QoS), yang mendefinisikan parameter utama kualitas jaringan, seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss (Nuryani, 2024). Dengan menerapkan HTB, throughput dapat lebih stabil karena distribusi bandwidth lebih adil, sementara packet loss dapat ditekan karena adanya manajemen prioritas. Sedangkan penggunaan Cacti mendukung aspek monitoring QoS melalui visualisasi data dalam grafik, sehingga memudahkan evaluasi performa jaringan. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah: *bagaimana implementasi metode HTB dan Cacti dapat membantu pembagian bandwidth serta monitoring jaringan di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu?* Dengan demikian, tujuan penelitian ini adalah: (1) menerapkan HTB dalam pembagian bandwidth agar lebih adil dan sesuai kebutuhan, serta (2) menggunakan Cacti untuk monitoring jaringan secara real time.

Kontribusi penelitian ini dapat dilihat dari aspek praktis dan akademis. Dari segi praktis, penelitian ini menawarkan solusi nyata bagi sekolah untuk mengoptimalkan jaringan komputer menggunakan perangkat lunak open source yang hemat biaya. Dari segi akademis, penelitian ini memperkaya kajian tentang penerapan metode manajemen bandwidth dan monitoring jaringan dalam konteks pendidikan menengah. Penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan sistem manajemen jaringan yang lebih komprehensif. Selain itu, penelitian ini relevan dengan tren digitalisasi pendidikan yang menekankan pentingnya literasi teknologi informasi. Sekolah menengah atas dituntut untuk menyediakan akses internet yang

merata dan andal bagi seluruh siswa. Dengan penerapan HTB dan Cacti, SMA Negeri 2 Kota Bengkulu diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan sehingga mendukung proses pembelajaran yang efektif. Hal ini sejalan dengan visi pendidikan nasional untuk menciptakan peserta didik yang cerdas, kompetitif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi informasi.

LANDASAN TEORI

Hierarchical Token Bucket (HTB)

Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan salah satu teknik penjadwalan paket data yang dikembangkan oleh Martin Devera dan digunakan secara luas dalam pengelolaan bandwidth berbasis Linux. HTB menyusun antrian (queue) secara hierarkis dengan membagi kelas induk (parent) dan anak (child). Kelas anak akan meminta alokasi bandwidth kepada kelas induk sesuai dengan parameter yang telah ditetapkan. Hal ini memungkinkan pembagian bandwidth yang lebih adil sekaligus fleksibel, karena administrator dapat menentukan prioritas trafik tertentu untuk diprioritaskan (Triswanti, 2022). HTB juga memiliki parameter *ceil*, yang berfungsi sebagai batas maksimum bandwidth yang dapat dipinjam sebuah kelas. Dengan mekanisme ini, HTB dapat mencegah monopoli penggunaan bandwidth oleh perangkat tertentu, sehingga jaringan tetap stabil dan efisien (Mondy et al., 2009).

Cacti sebagai Network Monitoring System (NMS)

Cacti adalah perangkat lunak *open source* yang digunakan untuk monitoring jaringan komputer. Aplikasi ini membutuhkan database, seperti MySQL atau PostgreSQL, untuk menyimpan data pemantauan yang selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk grafik menggunakan RRDTool. Keunggulan Cacti adalah kemampuannya untuk melakukan pemantauan perangkat secara terpusat, mendeteksi status perangkat (hidup/mati), serta memberikan laporan kondisi jaringan secara real time (Ipnuwati, 2024). Selain itu, Cacti memiliki antarmuka berbasis web yang memudahkan administrator jaringan dalam melakukan konfigurasi maupun pemantauan. Dibandingkan dengan perangkat monitoring lain seperti Wireshark yang lebih berorientasi pada analisis paket, Cacti lebih unggul dalam aspek manajemen performa jaringan secara keseluruhan (Sucipto, 2019).

Monitoring Jaringan

Monitoring atau pemantauan jaringan merupakan aktivitas untuk menilai kualitas kinerja sistem dari waktu ke waktu. Pemantauan dilakukan secara sistematis guna mendeteksi perubahan, kesalahan, maupun penyalahgunaan sumber daya jaringan. Menurut Tampubolon (2023), monitoring merupakan bagian penting dalam manajemen sistem karena berfungsi sebagai deteksi dini terhadap gangguan jaringan dan dapat digunakan untuk memperbaiki penyimpangan dari rencana awal. Dengan adanya monitoring, administrator dapat mengetahui kondisi perangkat, beban jaringan, serta kualitas layanan yang diberikan.

Quality of Service (QoS)

Konsep Quality of Service (QoS) digunakan untuk mengukur kualitas layanan jaringan berdasarkan parameter throughput, delay, jitter, dan packet loss. QoS memastikan bahwa aliran data yang lebih penting atau *delay-sensitive* mendapatkan prioritas lebih tinggi, sehingga layanan berbasis jaringan dapat berjalan optimal (Nuryani, 2024). Penerapan HTB berhubungan erat dengan QoS karena HTB dapat menjaga stabilitas throughput dan meminimalisir packet loss. Sementara itu, Cacti berfungsi sebagai alat bantu monitoring untuk menampilkan data performa jaringan sesuai parameter QoS.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen terapan dalam bidang jaringan komputer, yaitu dengan menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk manajemen bandwidth dan perangkat lunak Cacti sebagai sistem monitoring jaringan. Pendekatan eksperimen dipilih karena penelitian ini bertujuan menghasilkan solusi praktis berupa sistem yang dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan di sekolah, bukan sekadar menganalisis fenomena (Creswell, 2018). Subjek penelitian adalah jaringan komputer pada laboratorium SMA Negeri 2 Kota Bengkulu, dengan lokasi penelitian dipilih karena sekolah ini memiliki jaringan internet berkecepatan 30 Mbps yang digunakan secara bersama oleh siswa maupun guru. Permasalahan yang ditemukan adalah distribusi bandwidth yang tidak merata antar komputer serta tidak adanya sistem monitoring jaringan yang dapat digunakan oleh administrator secara real time. Oleh karena itu, penerapan HTB dan Cacti dilakukan sebagai upaya untuk menjawab kebutuhan sekolah akan manajemen jaringan yang lebih efisien (Sucipto, 2019).

Dalam penelitian ini digunakan perangkat keras berupa router Mikrotik RB750 sebagai pengatur distribusi bandwidth, server berbasis Linux Ubuntu Server untuk instalasi aplikasi Cacti, serta beberapa unit komputer klien di laboratorium sekolah yang berfungsi sebagai media pengujian. Perangkat lunak yang digunakan meliputi sistem operasi Linux Ubuntu Server, aplikasi Cacti sebagai monitoring jaringan, serta LAMP stack (Linux, Apache2, MySQL, PHP) sebagai pendukung instalasi. Selain itu, digunakan juga Wireshark sebagai alat bantu analisis kualitas jaringan. Pengumpulan data dilakukan dengan beberapa teknik, yaitu observasi, dokumentasi, dan eksperimen langsung. Observasi dilakukan untuk mencatat kondisi awal jaringan di laboratorium, termasuk permasalahan yang dialami oleh pengguna. Dokumentasi digunakan untuk merekam hasil pengujian bandwidth, konfigurasi HTB, serta grafik monitoring dari Cacti. Sementara itu, eksperimen langsung dilakukan melalui instalasi, konfigurasi, dan uji coba sistem sehingga data kuantitatif mengenai performa jaringan dapat diperoleh (Tampubolon, 2023).

Analisis sistem dalam penelitian ini terbagi menjadi dua tahap. Pertama, analisis sistem aktual, yaitu menggambarkan kondisi jaringan sebelum penerapan HTB dan Cacti, ketika distribusi bandwidth belum merata dan monitoring jaringan belum tersedia. Kedua, analisis sistem usulan, yaitu perancangan jaringan dengan penerapan HTB pada router Mikrotik untuk pembagian bandwidth, serta penggunaan Cacti pada server Ubuntu sebagai sistem monitoring. Implementasi dilakukan melalui tahapan instalasi Linux Ubuntu, instalasi LAMP, instalasi Cacti, konfigurasi HTB pada router, dan integrasi kedua sistem agar dapat diuji coba secara bersamaan. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan parameter Quality of Service (QoS), yaitu throughput, delay, packet loss, dan jitter (Nuryani, 2024). Throughput digunakan untuk mengukur jumlah data yang berhasil dikirimkan, delay untuk mengukur waktu tempuh data dari pengirim ke penerima, packet loss untuk menghitung paket data yang hilang, dan jitter untuk melihat variasi delay antar paket data. Untuk mendukung pengujian ini, digunakan aplikasi Wireshark sebagai alat analisis paket data. Hasil pengujian kemudian dibandingkan antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan HTB dan Cacti, sehingga dapat diketahui sejauh mana metode ini berkontribusi dalam meningkatkan performa jaringan di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini menghasilkan temuan penting mengenai implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan penggunaan Cacti sebagai perangkat monitoring jaringan di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Hasil penelitian ini mencakup kondisi awal jaringan, proses penerapan HTB dan Cacti, serta hasil pengujian kinerja jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS).

Kondisi Awal Jaringan

Sebelum implementasi, laboratorium komputer SMA Negeri 2 Kota Bengkulu telah terhubung dengan koneksi internet berkecepatan 30 Mbps yang digunakan bersama oleh puluhan komputer. Hasil observasi menunjukkan bahwa distribusi bandwidth tidak merata. Beberapa komputer mendapatkan kecepatan internet tinggi, sementara komputer lain mengalami akses yang sangat lambat, bahkan terputus. Kondisi ini menimbulkan masalah bagi kegiatan belajar-mengajar karena tidak semua siswa dapat menggunakan jaringan secara optimal. Selain itu, sekolah belum memiliki sistem monitoring yang dapat memantau perangkat secara langsung. Administrator jaringan hanya mengetahui adanya masalah berdasarkan laporan manual pengguna, sehingga penanganan masalah menjadi lambat.

Implementasi HTB pada Router

Untuk mengatasi masalah ketidakmerataan distribusi bandwidth, diterapkan metode HTB pada router Mikrotik RB750. Konfigurasi dilakukan dengan menggunakan *simple queue* berbasis hierarki, di mana setiap komputer diberikan alokasi bandwidth berdasarkan alamat IP. Dengan sistem ini, setiap perangkat memperoleh jatah yang sama sesuai dengan kapasitas jaringan. HTB juga memungkinkan administrator menentukan *priority* sehingga trafik penting, misalnya untuk aplikasi pembelajaran, dapat diutamakan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa distribusi bandwidth menjadi lebih stabil dan adil. Setiap komputer dapat mengakses internet dengan kecepatan relatif seimbang, sehingga kegiatan di laboratorium tidak lagi terganggu oleh perbedaan kualitas koneksi. Dengan demikian, HTB terbukti efektif dalam mengatasi masalah distribusi bandwidth di sekolah.

Implementasi Cacti sebagai Monitoring Jaringan

Selain pembagian bandwidth, penelitian ini juga menerapkan perangkat lunak Cacti pada server berbasis Linux Ubuntu. Instalasi dilakukan dengan dukungan LAMP stack (Linux, Apache, MySQL, PHP). Cacti diintegrasikan dengan router melalui protokol SNMP sehingga mampu memantau perangkat jaringan, mendeteksi status aktif atau tidaknya komputer, serta menampilkan penggunaan bandwidth dalam bentuk grafik. Setelah diterapkan, Cacti mempermudah administrator dalam mengawasi jaringan. Sistem monitoring ini dapat memberikan informasi real time mengenai kondisi perangkat dan beban trafik. Administrator tidak lagi menunggu laporan manual dari pengguna, melainkan dapat langsung mengidentifikasi perangkat yang bermasalah. Tampilan grafik juga memungkinkan analisis historis yang dapat digunakan sebagai bahan evaluasi jaringan.

Hasil Pengujian QoS

Pengujian sistem dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penerapan HTB dan Cacti. Parameter yang digunakan adalah throughput, delay, packet loss, dan jitter.

- Throughput: sebelum implementasi, throughput tidak merata karena beberapa komputer menyerap bandwidth lebih besar. Setelah penerapan HTB, throughput menjadi stabil dan terbagi secara adil di seluruh perangkat.
- Delay: kondisi awal menunjukkan delay tinggi ketika banyak komputer terhubung. Setelah implementasi HTB, delay berkurang dan lebih konsisten.
- Packet Loss: sebelum penerapan, sering terjadi kehilangan data karena distribusi bandwidth tidak terkendali. Setelah implementasi, packet loss menurun signifikan.
- Jitter: variasi delay antar paket juga lebih terkendali setelah implementasi. Hal ini membuat kualitas layanan jaringan meningkat.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan HTB berpengaruh langsung pada peningkatan parameter QoS, sementara Cacti memberikan dukungan berupa visualisasi dan monitoring performa jaringan secara real time.

Analisis Hasil

Berdasarkan hasil penelitian, kombinasi HTB dan Cacti terbukti mampu memberikan solusi efektif untuk manajemen jaringan di sekolah. HTB memastikan bandwidth terbagi secara adil sesuai kebutuhan pengguna, sedangkan Cacti membantu administrator dalam memantau perangkat dan trafik jaringan. Dengan demikian, keduanya saling melengkapi: HTB menyelesaikan masalah distribusi, sementara Cacti menyediakan fungsi monitoring yang sebelumnya tidak ada. Penerapan kedua metode ini juga menunjukkan keunggulan dari segi biaya karena menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak berbasis open source. Hal ini relevan dengan kebutuhan sekolah yang sering menghadapi keterbatasan anggaran. Selain itu, data monitoring yang dihasilkan oleh Cacti dapat digunakan untuk perencanaan pengembangan jaringan ke depan, misalnya untuk menambah kapasitas internet atau memperbaiki konfigurasi sistem. Secara praktis, hasil penelitian ini bermanfaat bagi SMA Negeri 2 Kota Bengkulu dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis teknologi. Dari sisi akademis, penelitian ini memberikan kontribusi dengan membuktikan efektivitas metode HTB dan Cacti dalam meningkatkan performa jaringan pendidikan menengah. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan sistem ini lebih jauh, misalnya dengan menambahkan notifikasi otomatis atau integrasi dengan aplikasi mobile untuk memudahkan pengawasan.

Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penerapan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan perangkat lunak Cacti mampu memberikan solusi nyata terhadap permasalahan distribusi bandwidth dan keterbatasan monitoring jaringan di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Temuan ini sangat relevan ketika dikaitkan dengan teori dan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya manajemen bandwidth serta sistem monitoring dalam menjaga kualitas jaringan. Sebelum implementasi, laboratorium komputer menghadapi masalah mendasar berupa distribusi bandwidth yang tidak merata. Kondisi ini menyebabkan ketidakadilan akses internet antar perangkat, di mana sebagian komputer dapat menggunakan kapasitas besar sementara perangkat lain kesulitan memperoleh koneksi. Setelah HTB diterapkan, masalah tersebut dapat diatasi karena mekanisme antrian hierarkis yang dimiliki HTB memungkinkan pembagian bandwidth secara proporsional dan sesuai kebutuhan. Hasil ini selaras dengan penelitian Triswanti (2022) yang menegaskan bahwa HTB efektif dalam mengatur alokasi bandwidth berbasis prioritas sehingga setiap pengguna tetap mendapatkan jatah minimum yang adil.

Selain pemerataan, HTB juga memberikan fleksibilitas dalam pengaturan prioritas trafik. Misalnya, akses ke aplikasi yang berhubungan langsung dengan kegiatan pembelajaran dapat diutamakan dibandingkan aktivitas lain seperti hiburan atau unduhan file besar. Temuan ini sejalan dengan pandangan Mondy et al. (2009) bahwa sistem manajemen jaringan yang baik harus mampu memprioritaskan trafik penting guna mendukung produktivitas. Dalam konteks sekolah, keberhasilan ini menunjukkan bahwa HTB bukan hanya menyelesaikan masalah teknis, melainkan juga mendukung tujuan pendidikan melalui jaringan yang lebih stabil. Di sisi lain, implementasi Cacti terbukti meningkatkan efektivitas monitoring jaringan. Sebelum penerapan, administrator hanya bisa mengetahui adanya gangguan berdasarkan laporan manual pengguna, sehingga penanganan sering terlambat. Setelah Cacti digunakan, administrator dapat memantau kondisi perangkat secara real time, mendeteksi apakah sebuah komputer aktif atau tidak, serta meninjau penggunaan bandwidth melalui tampilan grafik. Kemampuan ini sesuai dengan pendapat Ipnuwati (2024) yang menyebutkan bahwa Cacti unggul dalam penyajian data monitoring melalui antarmuka berbasis web yang sederhana namun komprehensif. Hal ini juga memperkuat penelitian Sucipto (2019) yang menunjukkan bahwa perangkat lunak monitoring berbasis open source mampu meningkatkan efisiensi manajemen jaringan dengan biaya yang relatif rendah.

Lebih jauh, Cacti memberikan data historis yang sangat bermanfaat bagi pengambilan keputusan. Administrator dapat meninjau pola trafik harian, mingguan, atau bulanan, sehingga kebijakan peningkatan kapasitas internet atau pengaturan ulang konfigurasi dapat didasarkan pada data konkret. Dengan demikian, Cacti tidak hanya berguna untuk kebutuhan jangka pendek, tetapi

juga mendukung strategi pengembangan jaringan dalam jangka panjang. Jika dilihat dari aspek Quality of Service (QoS), hasil penelitian ini menunjukkan adanya perbaikan signifikan pada semua parameter yang diuji. Throughput yang sebelumnya tidak merata menjadi lebih stabil dan seimbang, delay yang semula tinggi berkurang, packet loss menurun, dan jitter lebih terkendali. Kondisi ini sejalan dengan konsep QoS yang dikemukakan Nuryani (2024), yaitu kualitas layanan jaringan dapat dilihat dari kestabilan throughput, rendahnya delay, minimnya packet loss, dan kecilnya jitter. Dengan penerapan HTB, kualitas layanan menjadi lebih terjamin karena alokasi bandwidth diatur sesuai kapasitas. Sementara itu, Cacti berfungsi sebagai sistem pendukung yang menyediakan informasi visual mengenai performa jaringan, sehingga administrator dapat melakukan evaluasi berkelanjutan. Temuan ini juga dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan perangkat monitoring berbeda, seperti Wireshark.

Wicaksana (2025) menunjukkan bahwa Wireshark efektif untuk analisis lalu lintas data secara detail, tetapi kurang praktis untuk pemantauan jangka panjang. Dalam konteks pendidikan, Cacti lebih sesuai karena mudah digunakan oleh administrator sekolah yang mungkin tidak memiliki latar belakang teknis mendalam. Dengan demikian, pemilihan Cacti dalam penelitian ini tepat karena sesuai dengan kebutuhan sekolah yang menekankan pada kemudahan pengawasan. Secara praktis, penelitian ini memberikan kontribusi nyata bagi SMA Negeri 2 Kota Bengkulu. Dengan penerapan HTB dan Cacti, laboratorium komputer kini memiliki jaringan yang lebih adil dalam distribusi bandwidth sekaligus lebih mudah dipantau. Kondisi ini mendukung kegiatan belajar mengajar berbasis teknologi karena setiap siswa dapat mengakses internet dengan kualitas layanan yang lebih baik. Dari sisi akademis, penelitian ini memperkaya literatur mengenai penerapan manajemen bandwidth dan monitoring jaringan dalam konteks pendidikan menengah, yang masih relatif jarang diteliti. Lebih jauh, penelitian ini memiliki implikasi yang lebih luas. Dalam era digitalisasi pendidikan, sekolah dituntut untuk menyediakan jaringan internet yang andal. Implementasi HTB dan Cacti dapat menjadi model bagi sekolah lain atau institusi pendidikan dengan masalah serupa, terutama karena perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan berbasis open source dan hemat biaya. Dengan kata lain, penelitian ini menunjukkan bahwa solusi teknis yang sederhana namun tepat sasaran mampu memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas layanan jaringan. Dengan demikian, pembahasan ini menegaskan bahwa kombinasi HTB dan Cacti tidak hanya berhasil menyelesaikan masalah teknis berupa distribusi bandwidth dan monitoring jaringan, tetapi juga mendukung tujuan yang lebih besar, yaitu peningkatan mutu pendidikan berbasis teknologi. Hal ini membuktikan bahwa integrasi teori manajemen jaringan dengan implementasi praktis dapat menghasilkan solusi yang efektif, efisien, dan relevan dengan kebutuhan dunia pendidikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian mengenai implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan perangkat lunak Cacti di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu memberikan bukti empiris bahwa kombinasi keduanya mampu meningkatkan kualitas layanan jaringan secara signifikan. Sebelum penerapan, distribusi bandwidth di laboratorium komputer tidak merata dan proses monitoring jaringan sangat terbatas. Setelah HTB diterapkan pada router Mikrotik, distribusi bandwidth menjadi lebih adil karena setiap perangkat memperoleh alokasi sesuai dengan konfigurasi yang ditetapkan. Selain itu, adanya pengaturan prioritas pada HTB memungkinkan administrator untuk mendahulukan trafik penting yang mendukung kegiatan pembelajaran, sehingga jaringan menjadi lebih fungsional dan relevan dengan kebutuhan pendidikan. Implementasi Cacti pada server berbasis Linux Ubuntu juga terbukti memberikan nilai tambah dalam manajemen jaringan. Cacti mampu menampilkan kondisi perangkat dan trafik jaringan secara real time, sekaligus menyajikan data historis dalam bentuk grafik. Dengan sistem ini, administrator tidak lagi bergantung pada laporan manual dari pengguna ketika terjadi gangguan, melainkan dapat segera mendeteksi masalah melalui dashboard monitoring. Hal ini mempercepat proses identifikasi dan perbaikan gangguan, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data untuk pengembangan jaringan di masa mendatang. Hasil

pengujian menggunakan parameter Quality of Service (QoS) menunjukkan adanya peningkatan pada seluruh indikator, yakni throughput, delay, packet loss, dan jitter. Throughput menjadi lebih stabil, delay berkurang, packet loss menurun, dan jitter lebih terkendali. Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa HTB dan Cacti secara bersama-sama mampu meningkatkan performa jaringan komputer di lingkungan pendidikan menengah. Kontribusi penelitian ini tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mendukung proses digitalisasi pendidikan yang menuntut jaringan andal dan berkualitas.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan. Pertama, pihak sekolah perlu mempertahankan penerapan HTB dan Cacti secara berkelanjutan agar kualitas jaringan tetap stabil. Administrator jaringan juga perlu melakukan evaluasi rutin terhadap konfigurasi HTB sesuai dengan kebutuhan penggunaan internet di laboratorium. Dengan demikian, alokasi bandwidth dapat terus menyesuaikan perkembangan jumlah perangkat maupun variasi aplikasi yang digunakan. Kedua, sekolah disarankan untuk mengembangkan sistem monitoring dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis, baik melalui email maupun aplikasi pesan singkat. Dengan adanya notifikasi, administrator dapat segera mengetahui gangguan jaringan tanpa harus selalu memantau dashboard Cacti secara manual. Hal ini akan semakin meningkatkan efisiensi manajemen jaringan. Ketiga, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan memperluas cakupan pengujian, misalnya dengan menambahkan parameter lain seperti tingkat keamanan jaringan, efisiensi energi server, atau integrasi dengan perangkat mobile. Pengembangan ini akan memperkaya kajian mengenai manajemen jaringan dan memberikan solusi yang lebih komprehensif, tidak hanya pada aspek teknis, tetapi juga pada aspek keberlanjutan dan keamanan. Keempat, sekolah lain atau institusi pendidikan dengan kondisi serupa dapat mengadopsi model yang digunakan dalam penelitian ini. Karena HTB dan Cacti berbasis open source, biaya implementasinya relatif rendah dan dapat disesuaikan dengan kemampuan infrastruktur masing-masing. Dengan demikian, hasil penelitian ini memiliki potensi untuk diadaptasi secara luas sebagai solusi praktis peningkatan mutu jaringan pendidikan di Indonesia. Dengan memperhatikan kesimpulan dan saran tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata bagi dunia pendidikan, khususnya dalam mendukung pemanfaatan teknologi informasi melalui jaringan komputer yang lebih stabil, adil, dan mudah dipantau.

DAFTAR PUSTAKA

- Creswell, J. W. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). SAGE Publications.
- Ipnuwati. (2024). *Implementasi sistem monitoring jaringan menggunakan Cacti berbasis open source*. *Jurnal Teknologi Informasi dan Sistem*, 12(1), 45–56.
- Mondy, R. W., Noe, R. M., & Gowan, M. (2009). *Human resource management* (11th ed.). Pearson Higher Education.
- Nuryani, D. (2024). *Analisis kualitas layanan jaringan komputer berbasis parameter QoS*. *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer*, 9(2), 101–115.
- Sucipto, H. (2019). *Sistem monitoring jaringan berbasis open source untuk institusi pendidikan*. *Jurnal Cendikia Teknologi Informasi*, 16(2), 55–63.
- Tampubolon, R. (2023). *Monitoring jaringan dan evaluasi kinerja sistem dalam manajemen teknologi informasi*. *Jurnal Rekayasa Sistem Informasi*, 8(1), 77–89.
- Triswanti, A. (2022). *Manajemen bandwidth menggunakan metode hierarchical token bucket pada router Mikrotik*. *Jurnal Informatika dan Teknologi*, 6(3), 210–219.
- Wicaksana, A. (2025). *Analisis lalu lintas data menggunakan Wireshark dalam pengujian kualitas jaringan*. *Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi*, 14(1), 33–42.