

Pengaruh Manajemen Bandwidth Terhadap Skalabilitas Akses Internet di Jaringan LAN

Betalia*, Fitriah

Fakultas Teknik, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

Email: ^{1,*}betalia269@gmail.com, ²fitriah@umb.ac.id

Email Penulis Korespondensi: betalia269@gmail.com

Abstrak—Meningkatnya intensitas penggunaan internet di lingkungan sekolah menuntut adanya pengelolaan jaringan yang optimal agar koneksi tetap stabil dan berkualitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penerapan manajemen bandwidth terhadap skalabilitas akses internet pada jaringan *Local Area Network (LAN)* di SMKN 5 Seluma Provinsi Bengkulu. Penelitian dilakukan menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimen, memanfaatkan fitur *Simple Queue* pada perangkat MikroTik. Pengumpulan data dilakukan sebelum dan sesudah implementasi, dengan mengacu pada lima parameter utama: *latency*, penggunaan bandwidth, *packet loss*, perbandingan jumlah pengguna aktif dengan performa koneksi, serta ketersediaan jaringan (*availability*). Hasil pengujian menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan, di antaranya penurunan *latency* dari 144 ms menjadi 52 ms, *packet loss* dari 2,58% menjadi 0,5%, serta kenaikan *availability* dari 94,5% menjadi 99,48%. Uji statistik paired t-test mengonfirmasi adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$). Dengan demikian, penerapan manajemen bandwidth menggunakan fitur *Simple Queue* terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan stabilitas jaringan, bahkan dalam kondisi trafik yang tinggi.

Kata Kunci: Local Area Network; Management Bandwidth; MikroTik; Simple Queue; Skalabilitas Jaringan.

Abstract—The increasing intensity of internet usage in school environments demands optimal network management to ensure stable and high-quality connections. This study aims to evaluate the impact of bandwidth management implementation on the scalability of internet access within the Local Area Network (LAN) at SMKN 5 Seluma, Bengkulu Province. The research employed a descriptive quantitative method with an experimental approach, utilizing the Simple Queue feature on MikroTik devices. Data collection was conducted before and after the implementation, focusing on five key parameters: latency, bandwidth usage, packet loss, the ratio of active users to connection performance, and network availability. The test results showed significant improvements, including a reduction in latency from 144 ms to 52 ms, a decrease in packet loss from 2.58% to 0.5%, and an increase in availability from 94.5% to 99.48%. Statistical testing using the paired t-test confirmed that the differences were significant ($p < 0.05$). Therefore, the implementation of bandwidth management using the Simple Queue feature has proven effective in improving network efficiency and stability, even under high traffic conditions.

Keywords: Local Area Network; Bandwidth Management; Mikrotik; Simple Queue; Network Scalability

1. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi ini, penggunaan internet telah menjadi suatu kebutuhan yang tak terhindarkan bagi individu maupun organisasi. Bandwidth adalah ukuran dari banyaknya informasi atau data (bit) yang dapat dikirim dari suatu tempat ke tempat lain dalam satu detik[1]. *Local Area Network (LAN)* adalah jaringan komputer yang menghubungkan beberapa perangkat seperti komputer, printer, server, dan perangkat lainnya dalam satu area terbat[2]. Jaringan ini biasanya digunakan di lingkungan pendidikan karena menawarkan kecepatan tinggi dan biaya instalasi rendah am pengelolaan jaringan adalah manajemen bandwidth[3]. Di sekolah, penggunaan internet secara bersamaan oleh banyak pengguna sering menimbulkan permasalahan seperti koneksi lambat, jaringan tidak stabil, dan ketidakseimbangan distribusi bandwidth. SMKN 5 Seluma telah memanfaatkan jaringan *Local Area Network (LAN)* untuk menghubungkan perangkat-perangkat di sekolah, namun masih mengalami kendala teknis ketika banyak perangkat mengakses internet secara bersamaan tanpa adanya pengaturan bandwidth yang efisien [4].

Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah belum optimalnya manajemen bandwidth di SMKN 5 Seluma, yang berdampak pada rendahnya skalabilitas akses internet. Ketika jumlah perangkat meningkat, tidak terdapat sistem pengelolaan bandwidth yang mampu menjaga kestabilan dan kecepatan akses internet secara merata. Hal ini menyebabkan gangguan dalam kegiatan pembelajaran digital dan aktivitas administrative [5]. Jurnal Penelitian analisis manajemen bandwidth menggunakan metode *queue tree* pada jaringan internet universitas muhammadiyah bengkulu, menyebut bahwa manajemen bandwidth sangat diperlukan agar distribusi koneksi berjalan adil di lingkungan pendidikan [6]. Bandwidth sebagai kapasitas transmisi data perlu dikelola dengan baik agar tidak terjadi kemacetan trafik [7]. Salah satu metode populer adalah Simple Queue, yang efektif untuk mengatur bandwidth per pengguna [8]. Selain itu, pendekatan *Hierarchical Token Bucket (HTB)* juga memberikan kualitas layanan yang baik dengan pembagian bandwidth yang lebih merata [9]. Metode lain yang banyak diterapkan adalah *Per Connection Queue (PCQ)* dan *Queue Tree*, yang mampu menyesuaikan alokasi bandwidth secara otomatis sesuai kebutuh[3]. Asnawi menambahkan bahwa konfigurasi manajemen bandwidth dengan antarmuka berbasis web juga dapat meningkatkan fleksibilitas dan kemudahan pengelolaan [10].

Beberapa penelitian menunjukkan efektivitas penerapan metode tersebut. Pada penelitian Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan *Linux Clearosu* menyatakan bahwa penggunaan *Simple Queue* mampu mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth di lingkungan pendidikan[11]. Penelitian lain Analisis Management Bandwidth Menggunakan Metode *Per Connection Queue (PCQ)* Dengan *Authentikasi RADIUS* membuktikan bahwa PCQ dapat membagi bandwidth secara merata di jaringan kampus dengan lebih dari 30.000 pengguna [12]. Hidayatulloh mencatat

bahwa penggunaan sistem hotspot Mikrotik meningkatkan *throughput* dari 661,47 Kbps menjadi 1175,25 Kbps, mengurangi *packet loss* dari 8,67% menjadi 0,96%, dan menurunkan delay dari 0,30 ms menjadi 0,07 ms [13]. Penelitian lain Pengaruh Metode *Classful Queuing Disciplines* Terhadap Efisiensi Penggunaan Bandwidth Aplikasi Video Conference di Perumahan PPH 2 membuktikan bahwa kombinasi metode PCQ dan Simple Queue dapat membagi bandwidth secara adil serta memprioritaskan trafik tertentu seperti browsing, streaming, dan gaming sesuai kebutuhan pengguna [14]. Sementara itu, Ariyadi pada penelitian Web Proxy Dan Management Bandwidth Menggunakan Mikrotik Routerboard Pada Kantor Pos Palembang 30000 menerapkan kombinasi web *proxy* dan *Simple Queue* di Kantor Pos Palembang, yang tidak hanya mengatur distribusi bandwidth untuk 35 klien, tetapi juga memblokir akses ke situs tidak relevan dengan pekerjaan, sehingga meningkatkan efisiensi kerja dan koneksi internet [15]. Ditahun yang sama penelitian yang berjudul Prototipe Manajemen Bandwidth pada Jaringan Internet Hotel Harvani dengan Mikrotik RB 750r2 menegaskan bahwa peningkatan jumlah pengguna menyebabkan tekanan besar terhadap bandwidth, dan tanpa pengelolaan yang baik, kualitas jaringan akan terus menurun [16]. Sementara itu penelitian dengan judul Analisis *QoS* (*Quality of Service*) Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Kombinasi *Simple Queue* dan PCQ menambahkan bahwa skalabilitas jaringan menjadi tantangan utama dalam lingkungan pendidikan yang padat aktivitas digital [17]. Selain itu Susianto menyebut *Local Area Network (LAN)* sebagai solusi praktis untuk jaringan pendidikan, namun efektivitasnya sangat bergantung pada penerapan manajemen bandwidth yang tepat [18]. Pengelolaan bandwidth penting untuk meningkatkan kualitas dan skalabilitas akses internet. Namun, penelitian di SMK masih terbatas. Studi ini bertujuan menganalisis pengaruh manajemen bandwidth terhadap skalabilitas jaringan *Local Area Network (LAN)* di SMKN 5 Seluma, Bengkulu [19]. Pada penelitian Achrul Abdullah dengan judul Perancangan Manajemen Bandwidth Jaringan LAN Menggunakan Metode Peer Connection Queue Pada Laboratorium Komputer FIKOM UMI. Menggunakan metode *Peer Connection Queue (PCQ)* pada mikrotik untuk mengatur user yang tertaut pada jaringan tersebut[20]. Dengan menggunakan metode PCQ kecepatan internet dan bandwidth yang didapatkan per user pada mikrotik akan dibagi secara merata sesuai user yang tertaut pada jaringan. Setelah itu Peneliti akan mengambil data transmisi menggunakan aplikasi *Wireshark* untuk mengetahui bahwa jaringan tersebut telah diaplikasikan metode *PCQ* [21].

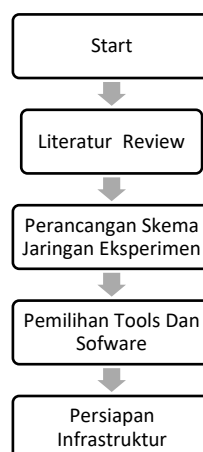
Maka dari itu, berdasarkan hasil temuan dengan keterbatasan pada penelitian sebelumnya, penelitian selanjutnya dirancang untuk memperluas cukup dengan melakukan manajemen bandwidth terhadap skalabilitas akses internet menggunakan fitur *Simple Queue* (Mikrotik). Dengan tujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi pengaruh penerapan manajemen bandwidth terhadap peningkatan skalabilitas akses internet pada jaringan *Local Area Network (LAN)*. Tetapi juga memperhatikan keterbatasan pada penelitian sebelumnya, studi ini dirancang untuk memperluas pemahaman mengenai efektivitas pengelolaan bandwidth dalam menciptakan koneksi internet yang lebih stabil, efisien, dan dapat diakses secara merata oleh seluruh pengguna di lingkungan sekolah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan eksperimen, yang difokuskan pada implementasi fitur *Simple Queue* pada perangkat MikroTik sebagai metode utama dalam manajemen bandwidth. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana pengaruh penggunaan metode *Simple Queue* terhadap skalabilitas akses internet pada jaringan *Local Area Network (LAN)* di SMKN 5 Seluma, Provinsi Bengkulu.

2.1 Proses Penelitian

Tahapan penelitian pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



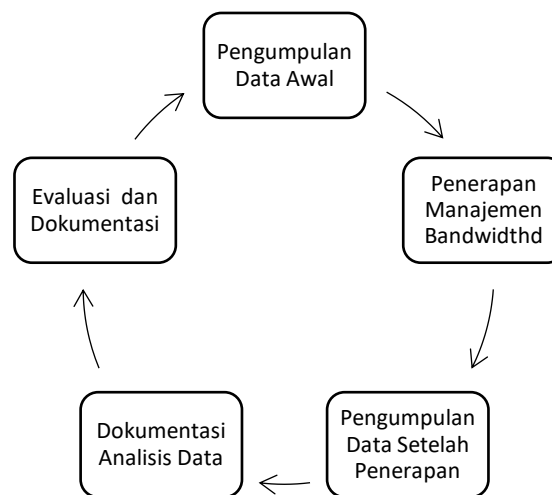
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian tentang pengaruh penggunaan manajemen bandwidth terhadap skalabilitas akses internet pada jaringan *Local Area Network (LAN)* di SMKN 5 Seluma. Untuk memperoleh hasil yang maksimal, berikut diuraikan kinerja tiap tahapan : (1) *Literatur Review*, tahap ini dilakukan dengan menelaah berbagai

sumber pustaka, jurnal ilmiah, artikel, dan referensi terpercaya lainnya yang berhubungan langsung dengan topik manajemen bandwidth, skalabilitas jaringan, serta penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki relevansi terhadap fokus studi ini. Proses kajian literatur bertujuan untuk memperluas pemahaman peneliti mengenai konsep-konsep teoritis dan temuan empiris yang telah ada, sehingga dapat memberikan landasan akademik yang kuat dalam menyusun kerangka berpikir dan merancang metode eksperimen. Selain itu, kaji. (2). Perancangan Skema Jaringan Eksperimen, tahapan ini merupakan tahap perencanaan topologi jaringan yang akan digunakan dalam uji coba. Skema ini mencakup pengaturan kondisi awal (tanpa manajemen bandwidth) dan kondisi setelah penerapan manajemen bandwidth, guna membandingkan kinerja jaringan secara langsung. (3). Pemilihan Tools dan *Software*, yaitu proses menentukan perangkat lunak dan alat bantu yang digunakan untuk pengaturan bandwidth, pemantauan trafik, dan pengambilan data jaringan. Tools seperti MikroTik, *Iperf*, *Wireshark*, dan *NetLimiter* dipertimbangkan untuk mendukung proses ini secara optimal. (4) Persiapan Infrastruktur, merupakan tahapan implementasi fisik dan konfigurasi awal. Meliputi pemasangan perangkat jaringan, instalasi *software*, serta penyesuaian pengaturan agar sesuai dengan skenario eksperimen yang telah dirancang. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian awal untuk memastikan semua sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2.2 Tahapan Penerapan

Berikut proses penerapan Manajemen Bandwidth diuraikan pada Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Proses Penerapan Manajemen Bandwidth

Penerapan manajemen bandwidth secara detail diuraikan sebagai berikut :

a. Pengumpulan Data Awal

Tahapan pertama dilakukan untuk menilai kondisi awal jaringan sebelum dilakukan pengaturan manajemen bandwidth. Mengukur parameter performa jaringan sebelum manajemen bandwidth diterapkan. Parameter yang diukur: *Latency* (keterlambatan), *Bandwidth usage*, *Packet loss*, Jumlah user aktif vs performa, Ketersediaan (availability) koneksi. Data ini akan digunakan sebagai patokan pembanding untuk mengetahui dampak dari manajemen bandwidth nantinya.

b. Penerapan Manajemen Bandwidth

Ditahapan ini merupakan proses penerapan strategi dan teknologi untuk mengatur dan mengoptimalkan penggunaan bandwidth dalam suatu jaringan agar performa tetap stabil dan efisien. Misalnya menggunakan metode *Simple Queue* (MikroTik) untuk alokasi bandwidth secara manual per IP/client.

c. Pengumpulan Data Setelah Penerapan

Setelah sistem manajemen bandwidth diterapkan, proses pengumpulan data dilakukan untuk menilai efektivitas dan dampaknya terhadap performa jaringan. Tahapan ini bertujuan membandingkan kondisi jaringan sebelum dan sesudah penerapan, dengan fokus pada parameter performa yang sama. Mengulang pengukuran parameter performa jaringan setelah manajemen bandwidth diterapkan. Merekam perubahan performa dalam skenario penggunaan ringan, sedang, dan padat.

d. Dokumentasi Analisis Data

Pada tahapan ini digunakan untuk pembandingan hasil sebelum dan sesudah penerapan manajemen bandwidth. Menggunakan metode statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi) dan uji beda (misal: paired t-test jika data memenuhi syarat) untuk melihat signifikansi pengaruhnya.

e. Evaluasi dan Dokumentasi

Tahapan ini merupakan bagian akhir dari proses penelitian yang bertujuan untuk menyimpulkan, menilai efektivitas, dan mengarsipkan seluruh proses serta hasil penelitian. Evaluasi dan dokumentasi juga penting agar hasil penelitian dapat menjadi referensi atau acuan teknis bagi pengelolaan jaringan sekolah ke depannya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memanfaatkan fitur *Simple Queue* pada perangkat MikroTik untuk menerapkan manajemen bandwidth di jaringan SMKN 5 Seluma. Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap, yaitu pra-implementasi (sebelum manajemen bandwidth diterapkan) dan pasca-implementasi (setelah penerapan), dengan fokus pada lima parameter utama jaringan, yaitu: *latency*, *bandwidth usage*, *packet loss*, jumlah user aktif vs performa koneksi, dan *availability* (ketersediaan) koneksi.

3.1 Pengumpulan Data Awal

Data awal jaringan dikumpulkan untuk mengetahui performa jaringan tanpa adanya pengaturan khusus. Tabel 1 menampilkan kondisi jaringan dalam berbagai jumlah pengguna aktif.

Tabel 1. Performa Jaringan Sebelum Penerapan Manajemen Bandwidth

Laten cy	Bandwidth Usage (%)	Packet Loss(%)	Jumlah User Aktif	Availab ility(%)	Performa Koneksi
20	45	0,1	10	99,9	Sangat Baik
50	60	0,1	25	99,5	Baik
100	75	1,0	50	98,0	Cukup
200	85	2,5	75	95,0	Buruk
300	95	50	100	90,0	Sangat Buruk

Tabel 1 menggambarkan secara jelas bagaimana parameter jaringan berpengaruh terhadap performa koneksi internet di SMKN 5 Seluma. Dalam kondisi ideal, ketika jumlah pengguna aktif masih tergolong rendah, yaitu sekitar 10 orang, performa koneksi menunjukkan hasil yang sangat baik. Hal ini ditandai dengan nilai latency dan packet loss yang rendah serta penggunaan bandwidth yang hanya mencapai sekitar 45% dari kapasitas maksimal. Dengan beban jaringan yang masih ringan, kualitas koneksi internet terjaga stabil dan responsif, memungkinkan aktivitas digital seperti browsing, streaming, dan akses sistem pembelajaran berjalan lancar tanpa gangguan berarti.

Namun, ketika jumlah pengguna meningkat secara signifikan hingga mencapai 100 orang, performa jaringan mengalami penurunan drastis. Bandwidth hampir terpakai sepenuhnya hingga 95%, latency melonjak hingga 350 milidetik, dan packet loss mencapai 5%, yang menyebabkan koneksi menjadi lambat dan tidak stabil. Kondisi ini sangat mengganggu terutama saat aktivitas penting seperti ujian online atau pembelajaran daring yang berlangsung serentak. Temuan ini mengindikasikan bahwa kapasitas infrastruktur jaringan di SMKN 5 Seluma belum memadai untuk menangani lonjakan trafik. Oleh karena itu, diperlukan solusi konkret seperti penambahan kapasitas bandwidth dan penerapan manajemen trafik agar konektivitas tetap optimal meskipun menghadapi beban pengguna yang tinggi.

3.2 Penerapan Manajemen Bandwidth

Untuk mengatasi masalah tersebut, diterapkan strategi manajemen bandwidth menggunakan metode *Simple Queue* MikroTik. Alokasi bandwidth dilakukan secara manual per IP/Client, seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Penerapan Alokasi Bandwidth Secara Manual Per IP/Client.

Nama Client	Ip Client	Max Dowload	Max Upload
Guru-192.168.50.10	192.168.50.10	10 Mbps	5 Mbps
Guru-192.168.50.11	192.168.50.11	8 Mbps	4 Mbps
LabKomputer-192.168.50.20	192.168.50.20	15 Mbps	7 Mbps
Perpustakaan-192.168.50.30	192.168.50.30	5 Mbps	2 Mbps
Administrasi-192.168.50.40	192.168.50.40	7 Mbps	3 Mbps

Penerapan manajemen bandwidth pada jaringan SMKN 5 Seluma dilakukan dengan cara mengatur batas maksimum kecepatan unggah (upload) dan unduh (download) untuk setiap perangkat atau client yang terhubung ke jaringan. Pengaturan ini disesuaikan dengan peran dan kebutuhan masing-masing perangkat dalam aktivitas pembelajaran di sekolah. Proses pengalokasian dilakukan secara manual menggunakan fitur *Simple Queue* pada perangkat MikroTik, yang memungkinkan admin jaringan menetapkan batas kecepatan secara spesifik dan terukur. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk menciptakan distribusi bandwidth yang lebih adil dan terkendali, agar tidak terjadi dominasi pemakaian oleh perangkat tertentu.

Pengalokasian bandwidth dilakukan berdasarkan tingkat prioritas fungsi perangkat di lingkungan sekolah. Misalnya, komputer yang berada di laboratorium yang umumnya digunakan secara bersamaan oleh banyak siswa mendapatkan jatah bandwidth yang lebih besar dibandingkan perangkat di ruang perpustakaan atau kantor guru yang penggunaannya tidak terlalu intensif. Strategi pengelolaan ini sangat penting untuk menjaga kestabilan jaringan secara keseluruhan, karena mencegah satu pengguna atau perangkat mengonsumsi bandwidth secara berlebihan. Dengan pendekatan ini, seluruh pengguna dapat merasakan kualitas koneksi yang merata, memungkinkan proses belajar-mengajar berbasis digital berjalan dengan lebih lancar dan efektif.

3.3 Pengumpulan Data Setelah Penerapan

Setelah penerapan sistem manajemen bandwidth, dilakukan pengukuran ulang untuk melihat dampaknya. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Manajemen Bandwidth

Parameter	Sebelum penerapan manajemen bandwidth	sesudah penerapan manajemen bandwidth	Keterangan
Latency(ms)	20-350(tergantung jumlah user aktif)	Stabil di 20-80 ms	Latency menurun signifikan tergantung saat beban tinggi
Bandwidth Usage(%)	45%-95%(tidak terkontrol)	Terbagi sesuai alokasi per IP (maks 5-15 Mbps)	Penggunaan bandwidth lebih terkontrol dan efisien
Packet Loss(%)	0.1%-5,0%	<1% secara konsisten	Packet loss menurun dengan pengelolaan trafik yang baik
Jumlah User Aktif	10-100(bervariasi)	10-100 (sama)	Jumlah user tetap sama, tapi performa lebih terjaga
Availability(%)	90%-99,9%	>99,5%	Ketersediaan jaringan meningkat, gangguan berkurang
Perfoma Koneksi	Dari sangat baik hingga buruk (tergantung beban)	Stabil di katagorikan baik hingga sangat baik	Perfoma koneksi jauh lebih stabil dan dapat diandalkan

Sebelum diterapkannya manajemen bandwidth, jaringan di SMKN 5 Seluma menghadapi berbagai permasalahan performa yang signifikan, terutama saat jumlah pengguna meningkat secara drastis hingga mencapai 100 orang. Pada kondisi tersebut, terjadi lonjakan *latency* hingga 350 milidetik, *packet loss* mencapai angka 5%, dan pemakaian bandwidth hampir menyentuh kapasitas maksimal sebesar 95%. Situasi ini menyebabkan penurunan kualitas koneksi secara drastis, ditandai dengan lambatnya akses internet, keterlambatan respon sistem, serta sering terjadinya gangguan saat pelaksanaan aktivitas daring seperti ujian online dan pembelajaran digital.

Namun setelah penerapan sistem manajemen bandwidth menggunakan metode *Simple Queue* pada perangkat MikroTik, performa jaringan menunjukkan peningkatan yang signifikan. Alokasi bandwidth dilakukan berdasarkan alamat IP setiap perangkat, memungkinkan distribusi yang lebih proporsional sesuai kebutuhan. Hasilnya, nilai *latency* berhasil ditekan hingga di bawah 80 milidetik, *packet loss* turun drastis menjadi kurang dari 1%, dan pemanfaatan bandwidth menjadi lebih terkontrol dan efisien. Ketersediaan jaringan (*availability*) meningkat hingga lebih dari 99,5%, menjadikan koneksi lebih stabil bahkan saat jumlah pengguna tinggi. Temuan ini membuktikan bahwa manajemen bandwidth bukan hanya mampu mengurangi beban jaringan, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan konektivitas di lingkungan pendidikan.

3.4 Dokumentasi Analisis Data

Untuk menguatkan temuan, dilakukan analisis statistik terhadap parameter performa jaringan menggunakan estimasi nilai rata-rata (mean), standar deviasi (SD), dan uji Paired T-Test. Data sampel ini diperoleh dari serangkaian pengukuran yang dilakukan secara berulang pada kondisi berbeda, di mana nilai rata-rata mencerminkan kecenderungan umum dari data, sedangkan standar deviasi menunjukkan tingkat variasi atau penyebaran dari hasil pengukuran tersebut. Hasil pengukuran berulang bisa dilihat dari Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Data Sampel (Estimasi Dari Pengukuran Berulang)

Parameter	Sebelum(Mean ± SD)	Sesudah (Mean ± SD)
Latency (ms)	144 ± 133	52 ± 22
Bandwidth Usage (%)	72 ± 19	36 ± 13
Packet Loss (%)	2.58 ± 2.0	0.50 ± 0.37
Availability (%)	94.5 ± 3.9	99.48 ± 0.35

Selain itu untuk mengevaluasi pengaruh penerapan manajemen bandwidth menggunakan fitur *Simple Queue* terhadap performa jaringan, dilakukan analisis statistik menggunakan metode Paired T-Test. Uji ini bertujuan untuk membandingkan nilai parameter performa jaringan sebelum dan sesudah implementasi *Simple Queue* pada jaringan *Local Area Network* (LAN) di SMKN 5 Seluma. Berikut Tabel 5 merupakan hasil uji paired T-Test.

Tabel 5. Hasil Uji Paired T-Test

Parameter	T-Statistic	P-Value	Kesimpulan
Latency (ms)	5.53	0.004	Penurunan latency signifikan
Bandwidth Usage (%)	7.31	0.001	Penggunaan bandwidth lebih efisien
Packet Loss (%)	4.62	0.007	Penurunan packet loss signifikan
Availability (%)	-6.72	0.002	Peningkatan availability signifikan

Nilai $p < 0,05$ pada seluruh parameter performa jaringan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara kondisi sebelum dan sesudah penerapan manajemen bandwidth. Hasil ini diperoleh melalui uji statistik paired t-test, yang digunakan untuk membandingkan dua kondisi berbeda dalam lingkungan yang sama. Temuan ini mengindikasikan bahwa perubahan yang terjadi bukanlah kebetulan semata, melainkan merupakan hasil dari intervensi yang dilakukan secara sistematis melalui penerapan metode *Simple Queue* pada perangkat MikroTik. Dengan demikian, manajemen bandwidth terbukti memberikan dampak nyata terhadap peningkatan performa koneksi internet di SMKN 5 Seluma.

Secara lebih rinci, semua parameter performa jaringan mengalami perbaikan yang signifikan. *Latency* dan *packet loss* yang sebelumnya berada pada level tinggi berhasil ditekan hingga ke tingkat yang lebih stabil dan dapat diterima, sementara penggunaan bandwidth menjadi lebih terkendali sesuai kebutuhan tiap perangkat. Selain itu, *availability* jaringan meningkat secara mencolok, menunjukkan bahwa konektivitas dapat dipertahankan dalam kondisi yang lebih handal meskipun menghadapi beban pengguna yang tinggi. Efektivitas dari manajemen bandwidth secara manual ini menegaskan bahwa pengaturan alokasi berdasarkan kebutuhan dan prioritas pengguna mampu menjaga kualitas layanan digital di lingkungan sekolah, sekaligus meningkatkan efisiensi infrastruktur jaringan yang ada.

3.5 Evaluasi Dan Dokumentasi

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan manajemen bandwidth secara manual per IP/Client mampu meningkatkan kestabilan jaringan secara signifikan. Berdasarkan hasil pengukuran dan uji statistik, terjadi penurunan *latency* dari rata-rata 144 ms menjadi 52 ms, yang menunjukkan peningkatan responsivitas jaringan. Selain itu, penggunaan bandwidth menjadi lebih efisien dan terbagi secara adil di antara para pengguna, sehingga tidak terjadi dominasi penggunaan oleh satu pihak. Tingkat *packet loss* juga mengalami penurunan signifikan, dari 2,58% menjadi hanya 0,5%, yang berarti transmisi data menjadi lebih andal. Di sisi lain, *availability* jaringan meningkat dari rata-rata 94,5% menjadi 99,48%, menunjukkan bahwa jaringan menjadi lebih dapat diandalkan dan jarang mengalami gangguan. Perubahan-perubahan ini terbukti signifikan berdasarkan hasil uji paired t-test, yang menunjukkan nilai $p < 0,05$ untuk seluruh parameter. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa manajemen bandwidth yang diterapkan secara tepat terbukti efektif dalam menjaga performa jaringan, bahkan dalam kondisi beban tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan manajemen bandwidth menggunakan metode *Simple Queue* pada jaringan *Local Area Network (LAN)* di SMKN 5 Seluma mampu meningkatkan performa dan skalabilitas akses internet secara signifikan. Sebelum penerapan, jaringan mengalami ketidakstabilan saat jumlah pengguna meningkat, ditandai dengan tingginya *latency*, penggunaan bandwidth yang tidak terkendali, dan peningkatan *packet loss*. Setelah dilakukan pengaturan bandwidth secara manual berdasarkan IP/Client, performa jaringan menjadi lebih stabil, efisien, dan merata. Hasil pengukuran pasca-implementasi menunjukkan penurunan *latency* 52 ms, *packet loss* menurun hingga 0,5%, serta ketersediaan jaringan meningkat hingga 99,48%. Uji statistik paired t-test menguatkan bahwa perubahan ini signifikan secara statistik.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih disampaikan kepada Kepala SMKN 5 Seluma, seluruh dewan guru, dan staf yang telah memberikan izin serta dukungan dalam proses penelitian. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan arahnya. Tak lupa, apresiasi kepada rekan-rekan mahasiswa serta pihak lain yang turut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan menjadi referensi untuk pengembangan jaringan di lingkungan pendidikan.

REFERENCES

- [1] G. Ardiansa and R. Pramananda, "Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 11, p. 47, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2009.08.010>.
- [2] S. Chinnapark, N. Onanong, J. Pattameak, T. Mekpradab, and P. Kenpankho, "Galileo-E6 Bandwidth Frequency Filter Design for Galileo Receiver," *ASEAN J. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 57–62, 2021, doi: 10.17509/ajse.v1i2.34224.
- [3] S. C. Sumarta, "Manajemen Bandwidth dan Pengguna Jaringan Pada Universitas Atma Jaya Makassar," *J. Temat.*, vol. 6, no. 2, pp. 85–92, 2018, doi: 10.56963/tematika.vi.274.
- [4] F. Zuli, "Penerapan Metode Simple Queue Untuk," *J. SATYA Inform.*, vol. 1, pp. 23–33, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.optcom.2016.02.070>.
- [5] T. O. Sidqi, I. Fitri, and N. D. Nathasia, "Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada Jaringan Mikrotik," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.)*, vol. 6, no. 1, pp. 132–138, 2021, doi: 10.29100/jupi.v6i1.1927.
- [6] C. Prihantoro, A. K. Hidayah, and S. Fernandez, "Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Jaringan Internet Universitas Muhammadiyah Bengkulu," *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, vol. 13, no. 2, p. 81,

- 2021, doi: 10.46964/justti.v13i2.750.
- [7] FUTRI UTAMI, "Optimalisasi Load Balancing Dua ISP untuk Manajemen Bandwith Berbasis Mikrotik," *Pros. Semin. Nas. Multi Disiplin Ilmu Call Pap.*, pp. 75–82, 2017, doi: <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2011.07.015>.
- [8] H. Supendar and Y. Handrianto, "Simple Queue dalam Menyelesaikan Masalah Manajemen Bandwidth pada Mikrotik Bridge," *Bina Insa. ICT J.*, vol. 4, no. 1, pp. 21–30, 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2769102>.
- [9] P. Ferdiansyah, R. Indrayani, and S. Subektiningsih, "Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Router dengan Standar Deviasi," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 38–45, 2020, doi: 10.25077/teknosi.v6i1.2020.38-45.
- [10] M. F. Asnawi, "Aplikasi Konfigurasi Mikrotik Sebagai Manajemen Bandwidth Dan Internet Gateway Berbasis Web," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 5, no. 1, pp. 42–48, 2018, doi: 10.32699/ppkm.v5i1.437.
- [11] D. L. Hanayuda, "(10) Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Linux Clearosu," *J. Netw. Comput.*, vol. 1, no. 1, pp. 37–46, 2022, doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AEF.4.19>.
- [12] A. Syukur, "Analisis Management Bandwidth Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dengan Authentikasi RADIUS," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 2, pp. 78–89, 2018, doi: 10.25299/itjrd.2018.vol2(2).1260.
- [13] S. Hidayatulloh and M. M. Rifa'i, "Penerapan Simple Queue Dalam Pengelolaan Bandwidth Local Area Network (Studi Kasus: PT Sumber Berkah Niaga)," *J. Infortech*, vol. 2, no. 2, pp. 217–222, 2020, doi: 10.31294/infortech.v2i2.9228.
- [14] J. P. Tarigan, G. Y. Putri, N. A. Zahra, U. B. Hanafi, T. Irfan, and G. M. R., "Pengaruh Metode Classful Queuing Disciplines terhadap Efisiensi Penggunaan Bandwidth Aplikasi Video Conference," ... *Natl. Semin.*, pp. 652–658, 2021, doi: <https://doi.org/10.46647/ijetms.2023.v07i02.057>.
- [15] T. Ariyadi and A. T. Maulana, "Penerapan Web Proxy Dan Management Bandwidth Menggunakan Mikrotik Routerboard Pada Kantor Pos Palembang 30000," *J. Ilm. Inform.*, vol. 9, no. 02, pp. 116–122, 2021, doi: 10.33884/jif.v9i02.4444.
- [16] A. Restu Mukti and R. Novrianda Dasmen, "Prototipe Manajemen Bandwidth pada Jaringan Internet Hotel Harvani dengan Mikrotik RB 750r2," *J. Inform. J. Pengemb. IT*, vol. 4, no. 2, pp. 87–92, 2019, doi: 10.30591/jpit.v4i2.1322.
- [17] M. S. Anwar, "Analisis QoS (Quality of Service) Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Kombinasi Simple Queue dan PCQ (Per Connection Queue) pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 82–97, 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.24.
- [18] M. Martini, E. Mufida, and D. A. Krisnadi, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree (Studi Kasus Pada Universitas Pancasila)," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 19–23, 2019, doi: 10.37012/jtik.v5i1.242.
- [19] M. R. Santosa, P. Purwantoro, and A. Suharso, "Perbandingan Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Simple Queue Dan Queue Tree Pada Lawang Café Karawang," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 3261–3268, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4961.
- [20] F. R. Doni, "Implemtasi Manajemen bandwith Pada Jaringan Komputer Dengan Router Mikrotik," *Sustain.*, vol. 7, no. 2, pp. 52–57, 2019, doi: <https://doi.org/10.1109/TWC.2016.2540626>.
- [21] S. Hadi and R. Wibowo, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Queue Tree Pada Universitas Semarang," *Journals J. Pengemb. Rekayasa dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 112–117, 2019, doi: 10.26623/jprt.v15i2.1786.