

Implementasi Metode *Queue Tree* Untuk Optimalisasi Jaringan Dan *Web Filtering* Beserta Evaluasi Kinerja Jaringan Berdasarkan Standar Tiphon

DOI: <http://dx.doi.org/10.35889/jutisi.v15i2.3642>

Creative Commons License 4.0 (CC BY – NC)



Purnawiranda^{1*}, Devi Irawan²

Informatika, Institut Sains dan Bisnis Atma Luhur, Pangkalpinang, Indonesia

*Corresponding Author: 12211500107@mahasiswa.atmaluhur.ac.id

Abstract

Internet connection instability at SMP Negeri 4 Pangkalpinang often occurs during peak hours, even though the bandwidth capacity reaches 200 Mbps. This problem is triggered by the absence of a locked data traffic management system and students' free access to non-educational activities, such as online games and streaming. Therefore, this research is important to design bandwidth management using the Queue Tree method with an allocation of 15 Mbps and a Web Filtering security system. Performance evaluation is carried out quantitatively through a Quality of Service (QoS) test using the Wireshark application measured based on the TIPHON standard. The results of load testing on 5 clients show good network quality, with an average throughput of 71.33% (Good), delay of 165.00 ms (Good), packet loss of 0.096% (Very Good), and jitter of 55.00 ms (Good). In conclusion, the combination of the Queue Tree and Web Filtering methods has proven crucial in distributing bandwidth fairly and blocking irrelevant access, resulting in optimal, stable, and effective network performance supporting educational activities.

Keywords: *Bandwidth Management; Queue Tree; Web Filtering; Quality of Service; TIPHON.*

Abstrak

Ketidakstabilan koneksi internet di SMP Negeri 4 Pangkalpinang sering terjadi pada jam sibuk meski kapasitas bandwidth mencapai 200 Mbps. Permasalahan ini dipicu oleh ketiadaan sistem manajemen lalu lintas data terpusat dan akses bebas siswa pada aktivitas non-edukatif, seperti game online dan streaming. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk merancang manajemen bandwidth menggunakan metode Queue Tree dengan alokasi 15 Mbps serta sistem keamanan Web Filtering. Evaluasi kinerja dilakukan secara kuantitatif melalui uji *Quality of Service* (QoS) menggunakan aplikasi Wireshark yang diukur berdasarkan standar TIPHON. Hasil pengujian beban pada 5 client menunjukkan kualitas jaringan yang baik, dengan rata-rata throughput 71,33% (Bagus), delay 165,00 ms (Bagus), packet loss 0,096% (Sangat Bagus), dan jitter 55,00 ms (Bagus). Kesimpulannya, perpaduan metode Queue Tree dan Web Filtering terbukti krusial dalam mendistribusikan *bandwidth* secara adil dan memblokir akses tidak relevan, sehingga menghasilkan kinerja jaringan yang optimal, stabil, dan efektif mendukung kegiatan edukatif.

Kata kunci: *Manajemen Bandwidth; Queue Tree; Web Filtering; Quality of Service; TIPHON.*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi internet saat ini menjadikannya sebagai kebutuhan vital dalam mendukung berbagai aktivitas, termasuk proses belajar mengajar dan administrasi di institusi pendidikan. Koneksi internet yang stabil dan terkelola dengan baik menjadi fondasi utama agar kegiatan akademik dapat berjalan secara efektif dan efisien. Namun, penggunaan internet seringkali menghadapi kendala ketika manajemen *bandwidth* tidak diatur dengan baik, sehingga memicu perebutan koneksi antar pengguna yang berujung pada terjadinya *delay* dan koneksi yang melambat [1]. Tanpa adanya pembagian yang teratur, penggunaan *bandwidth* cenderung tidak terkendali yang mengakibatkan penurunan kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS).

Untuk mengukur kualitas tersebut, digunakan parameter-parameter standar seperti *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* yang mengacu pada standar internasional TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*) [2]. Oleh karena itu, pengelolaan *bandwidth* yang terstruktur sangat penting untuk memastikan setiap pengguna mendapatkan QoS yang optimal dan proporsional.

Permasalahan ketidakstabilan koneksi ini turut dialami oleh SMP Negeri 4 Pangkalpinang. Meskipun telah berlangganan *Internet Service Provider* (ISP) dengan kapasitas 200 Mbps, ketiadaan sistem pembagian lalu lintas data yang terpusat menyebabkan kecepatan akses menurun drastis saat jam sibuk. Masalah ini diperparah oleh kebebasan akses internet tanpa filter, di mana sebagian besar kapasitas jaringan tersedot oleh aktivitas non-edukatif siswa, seperti bermain *game online* dan *streaming* saat jam pelajaran. Kondisi ini menyebabkan kegiatan akademik seperti penelusuran materi pelajaran dan pengunduhan dokumen menjadi terhambat, sehingga berdampak langsung pada efektivitas proses belajar mengajar di sekolah.

Sejumlah penelitian terdahulu telah berupaya menyelesaikan permasalahan serupa terkait optimasi dan evaluasi kinerja jaringan di lingkungan pendidikan. Putra dkk. (2025) melakukan pemanfaatan Mikrotik dalam manajemen *bandwidth* pada jaringan sekolah dan menegaskan bahwa jaringan sekolah sering mengalami ketidakseimbangan distribusi *bandwidth* akibat maraknya aktivitas non-edukatif, sehingga menuntut adanya kontrol manajemen jaringan [3]. Penelitian oleh Hakim dkk. (2023) mengimplementasikan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Queue Tree* dan keamanan hotspot berbasis Mikrotik, yang membuktikan bahwa *Queue Tree* mampu mendistribusikan *bandwidth* secara lebih merata dan stabil bagi seluruh pengguna [4]. Doni dkk. (2023) secara khusus mengkombinasikan *Queue Tree* dengan *Web Filtering* pada router Mikrotik di lingkungan sekolah menengah kejuruan, dan hasilnya menunjukkan bahwa kombinasi tersebut mampu mengoptimalkan penggunaan internet secara signifikan sekaligus memblokir akses ke situs yang mengganggu produktivitas [5]. Sementara itu, Dzulfiqri dan Hidayat (2022) mengimplementasikan manajemen *bandwidth* dan filtering konten pada SMP Muhammadiyah 3 Metro dengan pendekatan yang serupa [6]. Meski demikian, penelitian-penelitian tersebut umumnya belum melakukan evaluasi kinerja jaringan secara kuantitatif yang mendalam dan terstandarisasi, khususnya pengujian beban secara *real-time* pada *multiple client* yang hasilnya diklasifikasikan berdasarkan standar TIPHON secara objektif. Gap inilah yang menjadi celah yang perlu diisi oleh penelitian saat ini.

Berdasarkan gap yang teridentifikasi, penelitian ini mengusulkan implementasi metode *Queue Tree* yang dikombinasikan dengan sistem *Web Filtering* pada router Mikrotik di jaringan SMP Negeri 4 Pangkalpinang, disertai evaluasi kinerja jaringan secara kuantitatif menggunakan standar TIPHON. Pemilihan *Queue Tree* didasarkan pada kemampuannya dalam mendistribusikan *bandwidth* secara hierarkis melalui pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB), sehingga setiap pengguna mendapatkan alokasi *bandwidth* yang adil bahkan pada kondisi beban puncak [7], [8]. Kombinasi dengan *Web Filtering* melalui fitur *Layer 7 Protocols* pada Mikrotik dinilai efektif untuk memblokir akses ke konten non-edukatif secara spesifik, sehingga pemborosan *bandwidth* dapat ditekan secara langsung dari sumbernya [9]. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan evaluasi kinerjanya yang tidak hanya berhenti pada tahap konfigurasi, melainkan melakukan pengujian beban secara *real-time* pada lima *client* secara bersamaan, dengan data yang dianalisis menggunakan aplikasi Wireshark dan diklasifikasikan berdasarkan empat parameter standar TIPHON, yaitu *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*, guna membuktikan efektivitas sistem yang dibangun secara objektif dan terukur.

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental terapan dengan merujuk pada kerangka kerja pengembangan sistem jaringan secara terstruktur. Untuk memastikan tahapan berjalan secara sistematis, penelitian ini mengadopsi metode *Network Development Life Cycle* (NDLC) dan *Research and Development* (R&D) yang telah banyak direkomendasikan dalam perancangan serta pengoptimalan tata kelola jaringan komputer di lingkungan sekolah [6], [10],[11]. Pemilihan metode pengembangan ini memungkinkan adanya siklus evaluasi yang berkesinambungan dari tahap analisis hingga pemantauan jaringan [12].

Tahapan metodologi dalam penelitian ini meliputi: (1) Analisis Kebutuhan dan Perancangan (*Analysis & Design*), (2) Implementasi Manajemen *Bandwidth* (*Implementation*), (3) Implementasi Keamanan Jaringan (*Web Filtering*), dan (4) Pengujian dan Evaluasi (*Testing & Monitoring*).



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

2.1 Analisis Kebutuhan dan Perancangan (*Analysis & Design*)

Tahap awal difokuskan pada pengumpulan data melalui observasi langsung terhadap topologi jaringan yang sedang berjalan, kapasitas *bandwidth* dari ISP (200 Mbps), serta keluhan pengguna terkait *delay*. Setelah masalah teridentifikasi, dilakukan perancangan ulang topologi jaringan. Pada tahap ini, pengalokasian *IP Address* disusun ulang, di mana segmentasi jaringan (seperti pembagian segmen siswa, guru, dan staf) diterapkan pada router Mikrotik agar manajemen kelompok sasaran lebih mudah dilakukan sebelum diberikan aturan (*rules*) antrian [13].

2.2 Implementasi Manajemen *Bandwidth* (*Implementation*)

Pembagian lalu lintas data tidak menggunakan pembatasan biasa (*Simple Queue*), melainkan menggunakan metode *Queue Tree* dengan pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Pemilihan *Queue Tree* didasarkan pada hasil penelitian terdahulu yang membuktikan bahwa metode ini lebih unggul, fleksibel, dan optimal dalam menangani lalu lintas data pada jaringan dengan jumlah pengguna yang masif jika dibandingkan dengan *Simple Queue* [8], [14], [15]. Melalui *Queue Tree*, *bandwidth* didistribusikan secara hierarkis (*Parent* dan *Child Queue*) sehingga menjamin setiap *user* mendapatkan alokasi *bandwidth* secara adil saat jam sibuk [7].

2.3 Implementasi Keamanan Jaringan (*Web Filtering*)

Untuk merealisasikan program "Internet Sehat" di sekolah, optimalisasi *bandwidth* dibarengi dengan penyaringan konten (*Web Filtering*) [9]. Konfigurasi keamanan ini memanfaatkan fitur *Layer 7 Protocols* dan *Address List* pada router Mikrotik untuk memblokir paket data yang mengandung string spesifik dari situs *game online* (seperti Roblox) maupun *streaming* video [9], [16]. Penggabungan *Queue Tree* dan pembatasan konten melalui *Firewall Rules* ini terbukti dapat mengeliminasi serapan *bandwidth* dari aktivitas non-akademik, sekaligus meringankan beban router [5], [17].

2.4 Pengujian dan Evaluasi (*Testing & Monitoring*)

Tahap pengujian dan evaluasi bertujuan untuk mengukur efektivitas sistem manajemen *bandwidth Queue Tree* dan *Web Filtering* yang telah diimplementasikan secara objektif dan terukur. Pengujian dilakukan dalam dua aspek utama, yaitu pengujian fungsionalitas *Web Filtering* dan pengujian kinerja jaringan melalui parameter *Quality of Service (QoS)* [5].

Pengujian fungsionalitas *Web Filtering* dilakukan dengan cara mencoba mengakses secara langsung situs-situs yang telah dikonfigurasi untuk diblokir, seperti platform *game online* (Roblox) dan media sosial (Instagram), melalui perangkat *client* siswa. Sistem dinyatakan berfungsi dengan baik apabila browser pada perangkat *client* menampilkan pesan kegagalan koneksi, yang membuktikan bahwa paket data menuju situs tersebut berhasil di-drop oleh router Mikrotik [9].

Pengujian kinerja jaringan dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark dengan skenario beban berat, yaitu lima *client* mengakses internet secara bersamaan. Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali untuk memastikan hasil yang representatif dan konsisten. Variabel-variabel yang diukur dalam pengujian ini mengacu pada empat parameter standar TIPHON [2], yaitu:

1) *Throughput*

Throughput adalah kecepatan aktual (sebenarnya) dari suatu jaringan saat mentransfer data pada waktu tertentu. Indeks *Throughput* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	76 – 100%	4
Bagus	51 – 75%	3
Sedang	26 – 50%	2
Jelek	25%	1

Rumus *Throughput* yang digunakan disajikan pada Persamaan (1).

$$\textit{Throughput} = \frac{\textit{Paket Data Diterima}}{\textit{Lama Pengamatan}} \times 100\% \quad (1)$$

2) *Delay*

Delay adalah total waktu yang dibutuhkan oleh sebuah paket data untuk melakukan perjalanan dari titik asal (pengirim) hingga sampai ke titik tujuan (penerima). Indeks *Delay* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	<i>Delay</i>	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300ms	3
Sedang	300 s/d 450ms	2
Jelek	>450 ms	1

Rumus rata-rata *Delay* disajikan pada Persamaan (2).

$$\textit{Rata - rata Delay} = \frac{\textit{Jumlah Delay}}{\textit{Jumlah Paket Diterima}} \quad (2)$$

3) *Packet Loss*

Packet Loss adalah kondisi di mana ada satu atau beberapa paket data yang hilang atau gagal mencapai tujuan saat dikirimkan melewati jaringan. Indeks *Packet Loss* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori *Packet Loss*

Kategori Degradasi	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Jelek	25 %	1

Rumus *Packet Loss* disajikan pada Persamaan (3).

$$\textit{Packet Loss} = \frac{\textit{Paket data dikirim} - \textit{Paket data diterima}}{\textit{Paket data dikirim}} \times 100\% \quad (3)$$

4) *Jitter*

Jitter adalah fluktuasi atau variasi dari nilai *Delay*. Indeks *Jitter* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori *Jitter*

Kategori <i>Jitter</i>	Besar <i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms – 75 ms	3
Sedang	76 ms – 125 ms	2
Jelek	125 ms – 255 ms	1

Rumus *Jitter* disajikan pada Persamaan (4).

$$Jitter = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket Diterima}} \quad (4)$$

Seluruh data hasil pengukuran keempat parameter tersebut kemudian dianalisis dan diklasifikasikan ke dalam kategori kualitas jaringan berdasarkan indeks standar TIPHON [2], [7], mulai dari kategori Sangat Bagus hingga Jelek. Hasil klasifikasi ini menjadi dasar penilaian objektif terhadap tingkat keberhasilan sistem yang telah dibangun dalam mengoptimalkan layanan internet di lingkungan SMP Negeri 4 Pangkalpinang.

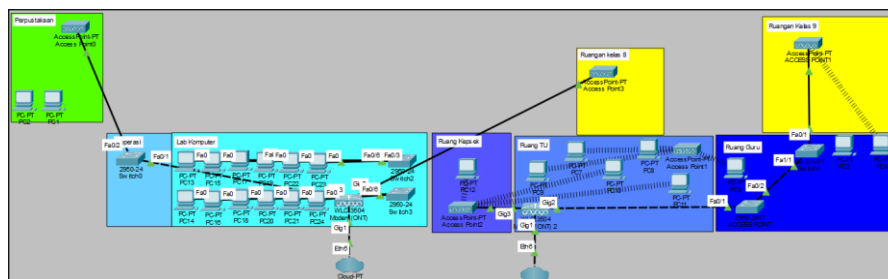
3. Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan proses dan luaran dari setiap fase penelitian yang telah dirancang, meliputi fase analisis kebutuhan dan perancangan, implementasi manajemen *bandwidth*, implementasi keamanan jaringan, serta pengujian dan evaluasi kinerja. Seluruh hasil implementasi diuji secara kuantitatif menggunakan aplikasi Wireshark dengan skenario beban berat pada 5 *client* secara bersamaan, dan hasilnya diklasifikasikan berdasarkan standar TIPHON untuk membuktikan efektivitas sistem yang dibangun secara objektif.

3.1 Analisis Kebutuhan dan Perancangan

Fase pertama dalam penelitian ini adalah analisis kebutuhan jaringan yang sedang berjalan di SMP Negeri 4 Pangkalpinang. Analisis dilakukan melalui observasi langsung terhadap topologi jaringan eksisting, kapasitas *bandwidth* dari ISP sebesar 200 Mbps, serta wawancara dengan pengguna terkait keluhan *delay* dan lambatnya koneksi pada jam sibuk. Hasil analisis menunjukkan bahwa akar permasalahan terletak pada dua hal utama, yaitu tidak adanya sistem pembagian lalu lintas data yang terpusat dan tidak adanya mekanisme penyaringan konten yang membatasi akses non-edukatif siswa.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, dirancang sebuah sistem jaringan baru dengan dua komponen utama, yaitu manajemen *bandwidth* berbasis *Queue Tree* dan sistem keamanan berbasis *Web Filtering* yang keduanya dikonfigurasi pada router Mikrotik RB951Ui-2nD. Pada tahap perancangan ini, pengalokasian *IP Address* disusun ulang dengan menerapkan segmentasi jaringan untuk kelompok siswa, guru, dan staf agar manajemen *bandwidth* per kelompok dapat dilakukan secara lebih terstruktur. Desain topologi jaringan hasil perancangan ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Topologi Jaringan SMP Negeri 4 Pangkalpinang

3.2 Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Fase kedua adalah implementasi sistem manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Queue Tree* dengan pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) pada router Mikrotik. Proses

konfigurasi dilakukan melalui antarmuka Winbox dengan membuat *Parent Queue* sebagai penampung total *bandwidth* yang dilimitasi sebesar 15 Mbps, serta *Child Queue* untuk mendistribusikan *bandwidth* kepada masing-masing kelompok pengguna menggunakan parameter Limit At sebagai batas jaminan kecepatan minimum dan Max Limit sebagai batas kecepatan maksimum. Melalui mekanisme ini, setiap *client* dijamin mendapatkan alokasi *bandwidth* secara adil dan proporsional meskipun dalam kondisi beban puncak. Output dari fase ini adalah sistem *Queue Tree* yang aktif berjalan pada router dan siap mendistribusikan *bandwidth* secara hierarkis kepada seluruh pengguna jaringan sekolah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

Name	Parent	Packet...	Limit A...	Max...	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets
Download	BRIDGE-LAN		15M		0 bps	0 B	39.1 MiB	46 744
User-Download	Download	Trafik-D...	15M	15M	0 bps	0 B	39.1 MiB	46 744
Upload	wlan1		15M		8.1 kbps	0 B	31.4 MiB	51 631
User-Upload	Upload	Trafik-U...	15M	15M	8.1 kbps	0 B	31.4 MiB	51 631

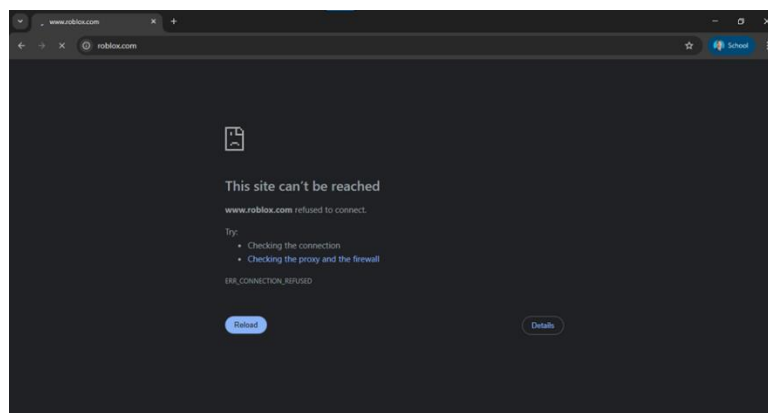
Gambar 3. Konfigurasi Manajemen *Bandwidth Queue Tree* pada Winbox

3.3 Implementasi Keamanan Jaringan (*Web Filtering*)

Fase ketiga adalah implementasi sistem keamanan jaringan melalui *Web Filtering* untuk merealisasikan program "Internet Sehat" di lingkungan sekolah. Konfigurasi dilakukan pada router Mikrotik dengan memanfaatkan fitur Firewall Filter *Rules* dan *Layer 7 Protocols*. Sistem dikonfigurasi untuk memindai setiap paket data yang melintas, dan apabila mendeteksi permintaan yang mengandung kata kunci dari situs yang dilarang seperti "roblox" atau "instagram", router secara otomatis melakukan tindakan penolakan (*action=drop*) sehingga paket data tersebut tidak diteruskan ke internet. Output dari fase ini adalah aturan pemblokiran yang aktif berjalan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4, yang kemudian diverifikasi melalui pengujian langsung pada perangkat *client* siswa.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	In. Interface	Out. Inte...	Bytes	Packets
0	accept	input			17 (ud...		53	BRIDGE-LAN		7.3 KiB	110
1	accept	input			6 (tcp)		53	BRIDGE-LAN		0 B	0
2	drop	input			17 (ud...		53	wlan1		0 B	0
3	drop	input			6 (tcp)		53	wlan1		0 B	0

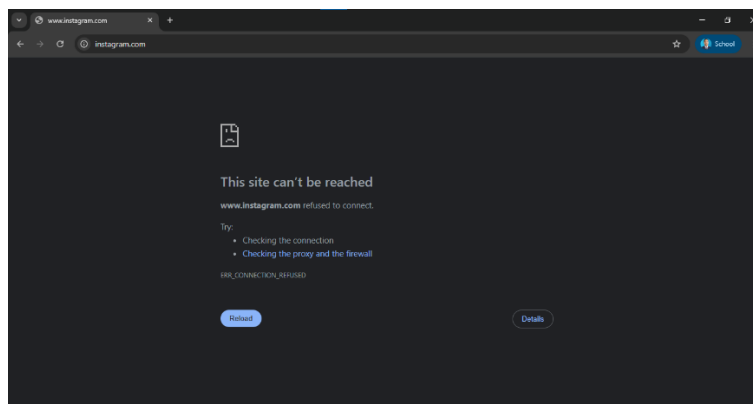
Gambar 4. Konfigurasi *Web Filtering* pada Mikrotik



Gambar 5. Bukti Hasil Pemblokiran Akses Roblox

Hasil verifikasi pemblokiran menunjukkan bahwa sistem berfungsi 100% efektif. Saat *client* mencoba mengakses Roblox, browser menampilkan pesan "This site can't be reached"

(*ERR_CONNECTION_REFUSED*) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5. Demikian pula saat *client* mencoba mengakses Instagram, browser menampilkan pesan "*connection timed out*" sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6, yang membuktikan bahwa *Layer 7 Protocols* berhasil memblokir seluruh paket data menuju platform tersebut.



Gambar 6. Bukti Hasil Pemblokiran Akses Instagram

3.4 Pengujian dan Evaluasi

Fase terakhir adalah pengujian dan evaluasi kinerja jaringan secara kuantitatif untuk membuktikan efektivitas sistem yang telah dibangun. Pengujian dilakukan menggunakan aplikasi Wireshark dengan skenario beban berat, yaitu lima *client* mengakses internet secara bersamaan dengan 10 kali pengambilan data. Seluruh data hasil pengukuran dianalisis dan diklasifikasikan berdasarkan empat parameter standar TIPHON, yaitu *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*. Standar klasifikasi masing-masing parameter telah dijelaskan pada sub-bab 2.4, sedangkan hasil pengujian lengkap pada 10 kali pengambilan data disajikan pada Tabel 5, dan rekapitulasi hasil akhirnya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 5. Hasil pengujian pada *Queue Tree* pada 5 Client

Data ke-	<i>Throughput</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Packet loss</i> (%)	<i>Jitter</i> (ms)
1	75,20	145,00	0,08%	48,20
2	84,50	178,50	0,11%	60,50
3	63,10	120,20	0,05%	33,50
4	81,15	210,80	0,15%	75,50
5	72,30	135,40	0,07%	43,20
6	69,45	158,60	0,09%	52,40
7	77,80	185,30	0,12%	61,80
8	58,90	140,70	0,06%	45,70
9	60,75	180,50	0,10%	60,20
10	70,15	195,00	0,13%	69,00

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Total Pengujian

Hasil Total	<i>Queue tree</i>	Indeks	Katagori
<i>Throughput</i> (%)	71,33 %	3	Bagus
<i>Delay</i> (ms)	165,00 ms	3	Bagus
<i>Packet loss</i> (%)	0,096 %	4	Sangat Bagus
<i>Jitter</i> (ms)	55,00 ms	3	Bagus

3.5 Pembahasan

Hasil implementasi dan pengujian yang telah dipaparkan pada sub-bab sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi metode *Queue Tree* dan *Web Filtering* pada router Mikrotik RB951Ui-2nD mampu menjawab permasalahan utama yang diidentifikasi di awal penelitian, yaitu

ketidakstabilan koneksi internet dan pemborosan *bandwidth* akibat aktivitas non-edukatif di SMP Negeri 4 Pangkalpinang.

Permasalahan utama yang dihadapi sekolah adalah tidak adanya sistem manajemen lalu lintas data yang terpusat, sehingga *bandwidth* 200 Mbps dari ISP tidak terdistribusi secara adil dan koneksi melambat drastis pada jam sibuk. Penerapan *Queue Tree* dengan pendekatan *Hierarchical Token Bucket* (HTB) terbukti secara langsung mengatasi permasalahan tersebut. Melalui mekanisme *Parent Queue* dan *Child Queue*, setiap *client* mendapatkan jaminan alokasi *bandwidth* minimum (Limit At) sekaligus batas maksimal penggunaan (Max Limit), sehingga tidak ada satu pengguna pun yang dapat memonopoli jaringan. Hal ini tercermin dari hasil pengujian *throughput* yang mencapai rata-rata 71,33% dengan kategori Bagus berdasarkan standar TIPHON, yang mengindikasikan bahwa *bandwidth* 15 Mbps yang dialokasikan telah terdistribusi secara proporsional kepada seluruh *client* meskipun dalam kondisi beban berat lima *client* secara bersamaan.

Selain distribusi *bandwidth*, permasalahan kedua yang diidentifikasi adalah akses bebas siswa terhadap konten non-edukatif seperti *game online* dan *streaming* yang menyedot kapasitas jaringan. Pengujian *Web Filtering* membuktikan bahwa sistem pemblokiran berbasis *Layer 7 Protocols* dan *Firewall Filter Rules* berfungsi 100% efektif, ditandai dengan ketidakmampuan *client* dalam mengakses *platform Roblox* maupun Instagram yang menampilkan pesan kegagalan koneksi. Pemblokiran trafik non-edukatif ini secara langsung melonggarkan ruang pada pita jaringan, sehingga seluruh paket data dari aktivitas edukatif dapat diantarkan ke tujuan secara utuh. Hal ini dibuktikan dengan nilai *Packet Loss* yang sangat rendah, yaitu hanya 0,096% dengan kategori Sangat Bagus, yang menunjukkan bahwa *bottleneck* akibat trafik berlebihan berhasil dicegah secara efektif. Temuan ini sejalan dengan temuan Nurhidayat [18].

Nilai *Delay* rata-rata sebesar 165,00 ms dan *Jitter* sebesar 55,00 ms yang keduanya masuk dalam kategori Bagus menunjukkan bahwa meskipun setiap paket data harus melalui proses pemeriksaan firewall dan antrian *Queue Tree*, waktu tunggu yang dihasilkan masih sangat toleran untuk mendukung aktivitas akademik seperti penelusuran artikel edukasi maupun pengunduhan dokumen. Hal ini membuktikan bahwa penambahan lapisan keamanan *Web Filtering* tidak mengorbankan kualitas layanan jaringan secara signifikan.

Temuan dalam penelitian ini juga memperkuat hasil-hasil penelitian terdahulu yang sejenis. Hakim dkk. (2023) yang mengimplementasikan *Queue Tree* pada jaringan Balai Desa Sidorejo menemukan bahwa metode ini mampu menghasilkan distribusi *bandwidth* yang lebih merata dan stabil [4]. Penelitian ini memperkuat temuan tersebut dengan membuktikan bahwa *Queue Tree* juga efektif diterapkan pada lingkungan jaringan sekolah yang memiliki karakteristik pengguna lebih beragam dan dinamis. Lebih lanjut, Doni dkk. (2023) yang mengkombinasikan *Queue Tree* dan *Web Filtering* di SMK Assa'adah menyimpulkan bahwa kombinasi keduanya mampu mengoptimalkan penggunaan internet secara signifikan [5]. Penelitian ini memberikan penguatan terhadap kesimpulan tersebut sekaligus melengkapinya dengan data evaluasi kuantitatif yang lebih terstruktur melalui pengujian beban *real-time* pada lima *client* dan klasifikasi hasil berdasarkan standar TIPHON. Sementara itu, Santosa dkk. (2024) dalam perbandingan antara *Simple Queue* dan *Queue Tree* menyimpulkan bahwa *Queue Tree* lebih unggul dalam menangani lalu lintas data dengan jumlah pengguna yang masif [8], dan hasil penelitian ini semakin mengonfirmasi keunggulan tersebut dalam konteks institusi pendidikan. Secara keseluruhan, penelitian ini berkontribusi dalam memperluas bukti empiris bahwa kombinasi *Queue Tree* dan *Web Filtering* merupakan solusi yang tidak hanya efektif secara teknis, tetapi juga relevan dan aplikatif untuk diterapkan di lingkungan sekolah guna mendukung ekosistem pembelajaran digital yang sehat dan optimal.

4. Simpulan

Penelitian ini menghasilkan, perancangan, dan pengujian pada jaringan yang menerapkan *Web Filtering* serta manajemen *bandwidth* metode *Queue Tree*, jaringan ini berfungsi dengan sangat baik. Sistem keamanan *Web Filtering* terbukti 100% efektif memblokir akses ke platform non-edukatif, dibuktikan dengan ketidakmampuan *client* dalam mengakses situs Roblox dan Instagram (*connection refused / timed out*). Selanjutnya, hasil evaluasi *Quality of Service (QoS)* dengan skenario beban berat pada 5 *client* menggunakan standar TIPHON menunjukkan bahwa pengujian parameter *throughput* mendapatkan persentase rata-rata sebesar 71,33% (kategori Bagus). Pada pengujian parameter *delay* didapatkan hasil rata-rata sebesar 165,00 ms (kategori Bagus). Untuk parameter *packet loss*, hasil pengujian menunjukkan

persentase yang sangat kecil yaitu sebesar 0,096% (kategori Sangat Bagus). Pengujian parameter *jitter* mendapatkan hasil rata-rata sebesar 55,00 ms (kategori Bagus). Kesimpulannya, perpaduan metode *Queue Tree* dan *Web Filtering* terbukti krusial dalam mendistribusikan *bandwidth* secara adil dan memblokir akses tidak relevan, sehingga menghasilkan kinerja jaringan yang optimal, stabil, dan efektif mendukung kegiatan edukatif.

Daftar Referensi

- [1] S. Aminah, "Manajemen Bandwidth dalam Mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan," *J. Inform. Ekon. Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 102–106, 2022.
- [2] M. I. Nasution, F. Rahim, and H. Alfarizzi, "Analysis And Implementation Of Simple Queue And Queue," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 4, no. 1, pp. 488–498, 2022.
- [3] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Debri Eko Arissandi, Achmad Rofiqi, and Moh Firman Hidayat, "Pemanfaatan Mikrotik Dalam Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Sekolah," *J. Inform. Dan Teknologi Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 93–101, 2025.
- [4] R. P. N. M. Hakim, S. Raharjo, and Y. R. Kusumaningsih, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Dan Keamanan Hotspot Menggunakan Mikrotik Os Dan Gns3 Di Balai Desa Sidorejo," *J. Jarkom*, vol. 11, no. 1, pp. 24–31, 2023.
- [5] A. Doni, L. Amalia, and V. Yunita Putri, "Optimalisasi Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Dan Web Filtering Berbasis Router Mikrotik Pada SMK Assa'adah," *Tek. dan Multimed.*, vol. 1, no. 2, pp. 187–207, 2023, [Online]. Available: www.Mikrotik.com.
- [6] A. Dzulfiqri and A. Hidayat, "Implementasi Manajemen Bandwidth Dan Filtering Content Dengan Router Mikrotik Pada Smp Muhammadiyah 3 Metro," *J. Mhs. Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 324–331, 2022.
- [7] M. F. Hafizena and D. P. Putri, "Analisis Dan Perancangan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode HTB Dengan Mikrotik Pada Jaringan SMA Negeri 4 Palembang," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 6, no. 2, pp. 35–38, 2023.
- [8] 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.
- [9] Ahmad Syafiq, Andriyan Dwi Putra, and Firman Asharudin, "Penerapan Manajemen Bandwidth Dan Filtering Website Menggunakan Layer 7 Pada Mikrotik Di Tajir.Net," *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 366–372, 2023.
- [10] A. Dzulfiqri, S. Sudarmaji, and A. Hidayat, "Implementasi Manajemen Bandwidth Dan Filtering Content Dengan Router Mikrotik Pada Smp Muhammadiyah 3 Metro," *J. Mhs. Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 324–331, 2022.
- [11] D. Apriyanto, S. Sudarmaji, and A. Hidayat, "Perancangan Firewall Filtering Dan Manajemen Bandwidth Menggunakan Router Mikrotik Pada Jaringan Komputer Sma Negeri 1 Seputih Banyak Lampung Tengah," *JIKI (Jurnal Ilmu Komput. Informatika)*, vol. 2, no. 2, pp. 141–147, 2021.
- [12] A. Nurmawan, F. Fahrullah, R. Ismayanti, F. Alameka, and H. Haerullah, "Implementasi Jaringan Hotspot Menggunakan Metode Queue Tree Pada Router Mikrotik Toko Sinar Jaya," *J. Rekayasa Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 2, p. 164, 2024.
- [13] H. A. Pratama and W. Sulisty, "Manajemen Bandwidth Queue Tree Dengan VLAN Untuk Pembelajaran Daring Di Sekolah," *JATISI (Jurnal Tek. Inform. dan Sist. Informasi)*, vol. 9, no. 3, pp. 2029–2040, 2022.
- [14] Y. Elisama, Taufiq Timur Warisaji, and Triawan Adi Cahyanto, "Analisis Kinerja Quality Of Service Menggunakan Metode Queue Tree Dan Simple Queue," *JUSTINDO (Jurnal Sist. dan Teknol. Inf. Indones.)*, vol. 10, no. 2, pp. 108–117, 2025.
- [15] 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.
- [16] M. S. Adji, I. K. A, and Paradise, "Analisis QoS filtering website dan pembatasan bandwidth menggunakan metode address list (studi kasus: Wi-Fi belajar Asrama Menoreh)," *LEDGER J. Inform. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 3, pp. 129–138, 2022.
- [17] A. P. Sari and R. Hidayat, "Manajemen Bandwidth Dan Penyaringan Firewall Untuk Keamanan Jaringan (Studi Kasus RS. Tangerang)," *J. Informatics Commun. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 88–97, 2025.

- [18] A. Nurhidayat, & W. Sulisty, "Analisis Dan Implementasi Manajemen Bandwidth Untuk Optimalisasi Layanan Jaringan Internet BUMDes Di Jlumpang. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, vol. 19, no. 2, pp. 647-658, 2023.