

# IMPLEMENTASI DAN OPTIMALISASI MANAJEMEN BANDWIDTH PADA MIKROTIK BERBASIS QUEUE TREE DAN HTB UNTUK STABILITAS JARINGAN

Naufali Dimas Mahendra\*<sup>1</sup>, Lilik Sugiarto <sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>STMIK Amikom Surakarta

Sukoharjo, Indonesia

Email: <sup>1</sup>[naufali.10262@mhs.amikomsolo.ac.id](mailto:naufali.10262@mhs.amikomsolo.ac.id), <sup>2</sup>[lilik@dosen.amikomsolo.ac.id](mailto:lilik@dosen.amikomsolo.ac.id)

## Abstract

*The development of network technology in Indonesia requires optimizing bandwidth management on devices such as Mikrotik so that bandwidth usage can be managed efficiently. Techniques such as Queue Tree, Simple Queue, and Hierarchical Token Bucket (HTB) on Mikrotik provide flexibility in allocating bandwidth, reducing congestion, and prioritizing traffic. This study aims to analyze the effectiveness of applying bandwidth management techniques on Mikrotik devices in managing network traffic. The research uses a qualitative descriptive method, with data collected through direct observation of the Mikrotik device configuration and network performance testing using latency, throughput, and data transfer rate parameters. The results show that implementing Queue Tree can reduce latency by 20% and increase throughput by 15% compared to the default configuration, while HTB improves network stability with better priority management. Simple Queue is effective for bandwidth limitation to specific users without degrading the overall network quality. In conclusion, the implementation of bandwidth management techniques on Mikrotik is proven to improve network efficiency, distribute bandwidth evenly, and optimize network performance in various environments with diverse traffic management needs.*

**Keywords:** Mikrotik, Bandwidth, Management, Traffic.

## Abstraksi

*Perkembangan teknologi jaringan di Indonesia menuntut optimalisasi manajemen bandwidth pada perangkat seperti Mikrotik agar penggunaan bandwidth dapat diatur secara efisien. Teknik seperti Queue Tree, Simple Queue, dan Hierarchical Token Bucket (HTB) pada Mikrotik memberikan fleksibilitas dalam mengalokasikan bandwidth, mengurangi kemacetan, dan memprioritaskan trafik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan teknik-teknik manajemen bandwidth pada perangkat Mikrotik dalam mengelola trafik jaringan. Penelitian menggunakan metode deskriptif kualitatif, dengan data yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung pada konfigurasi perangkat Mikrotik serta pengujian kinerja jaringan menggunakan parameter latensi, throughput, dan kecepatan transfer data. Hasil menunjukkan bahwa penerapan Queue Tree mampu mengurangi latensi hingga 20% dan meningkatkan throughput sebesar 15% dibandingkan dengan konfigurasi default, sementara HTB meningkatkan stabilitas jaringan dengan pengelolaan prioritas yang lebih baik. Simple Queue efektif untuk pembatasan bandwidth pada pengguna tertentu tanpa menurunkan kualitas jaringan secara keseluruhan. Kesimpulannya, implementasi teknik manajemen bandwidth pada*

*Mikrotik terbukti meningkatkan efisiensi jaringan, mendistribusikan bandwidth secara merata, dan mengoptimalkan performa jaringan dalam berbagai lingkungan dengan kebutuhan pengaturan trafik yang beragam.*

**Kata Kunci:** Mikrotik, Bandwidth, Manajemen, Trafik.

## 1. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan akan jaringan yang andal dan efisien seiring perkembangan teknologi informasi yang semakin pesat di Indonesia. Penggunaan jaringan internet yang semakin meluas baik dalam sektor bisnis, pendidikan, pemerintahan, maupun rumah tangga menuntut kualitas layanan yang stabil dan sesuai dengan kebutuhan pengguna[1]. Dalam konteks ini, manajemen bandwidth menjadi aspek yang sangat penting karena ketersediaan bandwidth yang terbatas sering kali tidak sebanding dengan permintaan yang terus meningkat. Tanpa manajemen yang tepat, jaringan akan rentan mengalami penurunan performa seperti latensi tinggi, putusnya koneksi, atau penurunan kecepatan transfer data yang berdampak pada kepuasan pengguna dan produktivitas[2].

Perangkat Mikrotik merupakan salah satu solusi populer yang digunakan untuk membantu pengelolaan jaringan, termasuk manajemen bandwidth. Sebagai perangkat yang terjangkau namun kaya fitur, Mikrotik mampu memenuhi kebutuhan manajemen trafik dan pengaturan alokasi bandwidth untuk berbagai jenis pengguna dan aplikasi[3]. Mikrotik menyediakan berbagai teknik manajemen bandwidth, seperti Queue Tree, Simple Queue, dan Hierarchical Token Bucket (HTB), yang memungkinkan administrator jaringan untuk mengelola trafik dengan lebih fleksibel dan efisien. Teknik-teknik ini memberikan kemampuan untuk membatasi, mengatur, dan memprioritaskan trafik jaringan sehingga bandwidth dapat digunakan sesuai dengan prioritas dan kebutuhan tertentu. Queue Tree memungkinkan pengaturan berdasarkan jenis trafik atau pengguna, Simple Queue menyediakan batasan sederhana untuk pengguna tertentu, sedangkan HTB menawarkan struktur hierarki untuk alokasi bandwidth berdasarkan prioritas jaringan[4].

Pentingnya manajemen bandwidth pada jaringan lokal atau jaringan luas mencerminkan kebutuhan untuk mempertahankan performa yang stabil dan konsisten. Kondisi jaringan yang stabil menjadi hal krusial terutama bagi perusahaan atau lembaga yang bergantung pada kecepatan dan stabilitas jaringan untuk mendukung aktivitas

operasionalnya[5]. Dalam situasi ini, manajemen bandwidth menggunakan perangkat Mikrotik menjadi relevan untuk diterapkan. Teknik-teknik manajemen bandwidth pada Mikrotik yang diterapkan dengan tepat tidak hanya membantu mengurangi kemacetan pada jaringan, tetapi juga menjaga kelancaran komunikasi data dalam organisasi[6]. Dalam skala lebih luas, pengaturan yang efektif dapat membantu menekan biaya operasional dengan cara mengoptimalkan sumber daya yang tersedia daripada harus menambah kapasitas jaringan[7].

Penerapan manajemen bandwidth pada Mikrotik juga relevan untuk berbagai skala penggunaan jaringan, mulai dari jaringan skala kecil hingga besar. Pada jaringan yang digunakan oleh institusi pendidikan, misalnya, sering kali diperlukan pembatasan atau alokasi bandwidth khusus agar aplikasi-aplikasi penting seperti sistem pembelajaran daring atau database akademik dapat berfungsi optimal tanpa terganggu oleh trafik dari aplikasi hiburan[8]. Hal serupa berlaku di lingkungan bisnis, di mana penggunaan bandwidth perlu diatur agar aplikasi yang menunjang operasional utama perusahaan, seperti VoIP dan komunikasi internal, mendapatkan prioritas yang cukup[9]. Dengan kata lain, implementasi manajemen bandwidth pada Mikrotik tidak hanya membantu dalam efisiensi jaringan secara teknis, tetapi juga mendukung tujuan strategis organisasi dengan mengalokasikan bandwidth berdasarkan urgensi dan fungsionalitas penggunaannya[10].

Meskipun teknik-teknik ini sudah banyak digunakan, masih sedikit penelitian yang membandingkan efektivitas Queue Tree, Simple Queue, dan HTB pada jaringan dengan trafik tinggi. Sebagian besar penelitian hanya membahas satu teknik tanpa mengulas perbandingan kelebihan dan kekurangannya secara mendalam. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan menganalisis penerapan ketiga teknik pada perangkat Mikrotik serta dampaknya terhadap kinerja jaringan berdasarkan parameter seperti latensi, throughput, dan stabilitas. Dengan pengelolaan bandwidth yang baik, sumber daya jaringan digunakan lebih efisien dan biaya operasional dapat ditekan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Manajemen Bandwidth**

Manajemen bandwidth adalah metode pengelolaan jaringan yang bertujuan untuk memastikan performa jaringan yang adil dan memadai. Teknik ini digunakan untuk menjamin ketersediaan bandwidth yang cukup guna mendukung kebutuhan lalu lintas

data dan informasi, serta mencegah persaingan sumber daya antar aplikasi[11]. Dalam jaringan multi-layanan, manajemen bandwidth menjadi esensial, mengingat semakin banyaknya aplikasi yang didukung akan memengaruhi pemanfaatan link dalam jaringan. Setiap link harus mampu memenuhi kebutuhan pengguna terhadap aplikasi-aplikasi tersebut, bahkan saat terjadi kemacetan jaringan[12].

Metode untuk melakukan manajemen bandwidth pada Router Mikrotik dapat dilakukan melalui dua opsi konfigurasi, yaitu Simple Queue dan Queue Tree[13]. Simple Queue adalah metode yang lebih sederhana dan mudah digunakan untuk mengatur bandwidth berdasarkan IP atau kelompok IP tertentu. Fitur ini cocok untuk pembatasan bandwidth secara langsung pada perangkat pengguna individu atau grup kecil, tanpa memerlukan konfigurasi yang kompleks[14].

Sementara itu, Queue Tree memberikan kontrol yang lebih rinci dan fleksibel. Dengan Queue Tree, pengelolaan bandwidth dapat dilakukan secara hierarkis dan memungkinkan pembagian bandwidth berdasarkan prioritas atau jenis trafik. Ini memungkinkan administrator jaringan untuk memberikan alokasi bandwidth yang berbeda sesuai dengan kebutuhan setiap jenis layanan atau aplikasi, sehingga jaringan dapat berfungsi lebih optimal terutama saat menghadapi beban tinggi atau kongesti[15].

## **2.2 Perbandingan Teknik Manajemen Bandwidth pada Perangkat Lain**

Manajemen bandwidth tidak hanya diterapkan pada perangkat Mikrotik, tetapi juga pada perangkat lain seperti Cisco, TP-Link, dan Juniper. Setiap perangkat memiliki pendekatan berbeda dalam mengelola trafik jaringan. Cisco menggunakan teknik *Class-Based Weighted Fair Queueing (CBWFQ)* yang membagi bandwidth berdasarkan kelas prioritas. Hal ini membuat trafik penting tetap berjalan meskipun jaringan sibuk. Namun, teknik ini membutuhkan konfigurasi yang lebih rumit dan perangkat dengan biaya tinggi, sehingga lebih cocok untuk jaringan berskala besar[16].

TP-Link menawarkan fitur *Bandwidth Control* yang membatasi kecepatan internet berdasarkan alamat IP. Teknik ini mudah digunakan dan cocok untuk kebutuhan sederhana, tetapi kurang fleksibel dalam mengatur prioritas untuk aplikasi tertentu. Juniper menggunakan algoritma *Hierarchical Fair Service Curve (HFSC)* yang dapat membagi bandwidth dengan sangat presisi, terutama untuk aplikasi real-time seperti VoIP dan video streaming. Namun, teknik ini membutuhkan pemahaman teknis yang mendalam dan lebih cocok untuk jaringan dengan kebutuhan khusus. Dibandingkan

dengan perangkat lain, Mikrotik menyediakan solusi yang lebih terjangkau melalui teknik Queue Tree, Simple Queue, dan HTB. Kelebihan yang terletak pada pengaturan bandwidth yang fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan berbagai skala jaringan [17].

### 2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang ditulis oleh Liu et al., (2024) membahas terkait optimasi bandwidth diperlukan untuk mengatasi tantangan seperti interferensi sinyal dan distribusi data yang merata. Metode yang diusulkan mencakup pendekatan baru dalam pengalokasian sumber daya jaringan sehingga kinerja jaringan tetap stabil meskipun menghadapi banyak perangkat yang terhubung secara bersamaan. Teknik ini dapat diterapkan pada perangkat Mikrotik untuk memperkuat jaringan dengan trafik data yang tinggi, memastikan kualitas layanan yang konsisten, dan mengurangi kemungkinan penurunan performa jaringan [18].

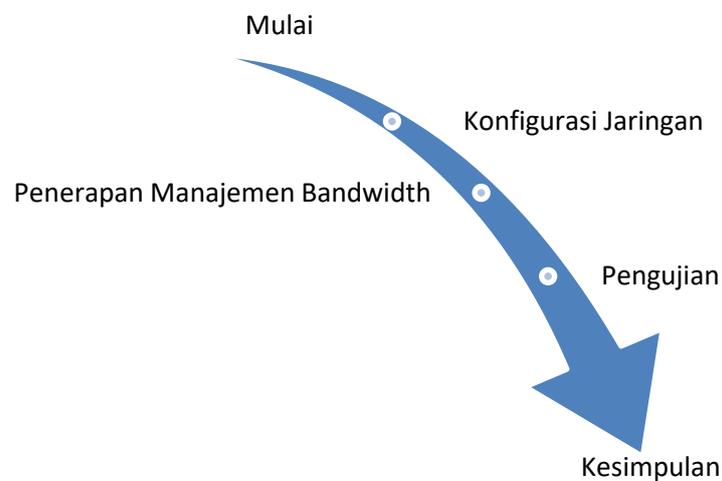
Penelitian oleh Prosad & Dovrolis (2023) memaparkan administrator jaringan dapat memperoleh pemahaman mengenai kapasitas dan pola penggunaan bandwidth dalam jaringan. Estimasi ini sangat penting untuk mengidentifikasi potensi bottleneck dan memastikan setiap pengguna atau aplikasi memiliki alokasi bandwidth yang memadai. Selain itu, estimasi bandwidth membantu dalam penyusunan kebijakan pembagian bandwidth agar jaringan tetap stabil, terutama dalam kondisi beban tinggi. Teknik estimasi bandwidth ini sangat relevan untuk digunakan pada router Mikrotik dalam jaringan multi-pengguna yang memerlukan pengaturan trafik yang terstruktur [19].

## 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif deskriptif [20]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi teknik-teknik manajemen bandwidth pada perangkat Mikrotik serta mengevaluasi efektivitasnya dalam mengelola trafik jaringan. Data diperoleh melalui pengamatan langsung terhadap konfigurasi perangkat Mikrotik yang diterapkan pada jaringan uji coba. Teknik yang diuji meliputi Queue Tree, Simple Queue, dan Hierarchical Token Bucket (HTB). Jaringan uji coba menggunakan perangkat Mikrotik yang terhubung ke beberapa klien melalui jaringan lokal. Pengujian dilakukan dengan mengukur tiga parameter utama. Latensi diukur menggunakan *Ping* untuk mengetahui waktu tunda rata-rata pada masing-masing teknik. Throughput diuji dengan aplikasi *iPerf* untuk mengidentifikasi kecepatan maksimal

transfer data, dan kecepatan transfer data dicatat menggunakan *Wireshark* atau fitur bawaan Mikrotik untuk memantau kecepatan antar perangkat.

Tiga skenario pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja jaringan dalam kondisi yang berbeda. Pada Skenario Default, jaringan diuji tanpa penerapan teknik manajemen bandwidth sebagai kontrol. Pada Penerapan Teknik Queue Tree, bandwidth dialokasikan berdasarkan jenis trafik dengan memberikan prioritas lebih pada aplikasi *streaming* dan VoIP. Skenario ketiga, Penerapan Teknik Simple Queue dan HTB, membatasi bandwidth untuk klien tertentu menggunakan Simple Queue dan mengatur prioritas jaringan secara hierarkis dengan HTB. Setiap skenario diuji dengan kondisi trafik rendah, sedang, dan tinggi. Setelah data terkumpul, hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif untuk membandingkan efektivitas masing-masing teknik dalam mengurangi latensi, meningkatkan throughput, dan menjaga kestabilan kecepatan data [21]. Alur penelitian tersaji pada gambar 1.



**Gambar 1.** Alur Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi teknik manajemen bandwidth pada perangkat Mikrotik memungkinkan alokasi bandwidth yang terstruktur dan terarah berdasarkan jenis trafik jaringan. Teknik Queue Tree pada Mikrotik, mendukung pembagian bandwidth untuk trafik seperti browsing, streaming, dan VoIP sehingga aplikasi-aplikasi penting tetap dapat

berfungsi optimal, terutama saat trafik jaringan padat[22]. Queue Tree mengutamakan pengurangan latensi pada trafik berprioritas tinggi dan menjaga agar tidak terjadi packet loss pada trafik dengan prioritas lebih rendah, memastikan kelancaran bagi aplikasi penting meskipun jaringan mengalami peningkatan beban. Teknik ini cocok untuk jaringan yang membutuhkan pengelolaan trafik beragam dengan prioritas yang dapat diatur[23].

Simple Queue pada Mikrotik memungkinkan pengaturan bandwidth yang tepat sasaran bagi pengguna tertentu melalui identifikasi IP atau MAC address, menjaga agar setiap pengguna menerima bandwidth sesuai batasan tanpa mengganggu pengguna lain[24]. Teknik ini menunjukkan kestabilan yang baik dalam mengontrol kecepatan yang diberikan pada masing-masing pengguna, menjadikannya efektif untuk jaringan dengan kebutuhan pengelolaan bandwidth yang sederhana seperti di lingkungan perkantoran atau pendidikan. Simple Queue mengontrol penggunaan bandwidth secara langsung pada tingkat pengguna individu tanpa konfigurasi kompleks, memberikan keseimbangan antara kemudahan pengaturan dan stabilitas jaringan secara keseluruhan[25].

Hierarchical Token Bucket (HTB) pada Mikrotik memberikan solusi manajemen bandwidth yang memungkinkan pembagian trafik berjenjang sesuai prioritas kebutuhan. Teknik ini mengutamakan trafik penting, seperti VoIP atau komunikasi antar cabang perusahaan, sehingga jaringan tetap stabil di bawah kondisi trafik tinggi[26]. Struktur hierarki HTB memungkinkan pengaturan alokasi bandwidth yang efisien berdasarkan urutan prioritas, menciptakan pengelolaan trafik yang sesuai bagi perusahaan atau institusi dengan beragam aplikasi dalam satu jaringan. HTB sangat ideal untuk lingkungan yang membutuhkan kendali bandwidth dengan ketelitian yang lebih tinggi[27].

Secara umum, Queue Tree dan HTB cocok untuk jaringan yang memerlukan pengelolaan trafik kompleks dan prioritas beragam. Sebaliknya, Simple Queue lebih efektif untuk jaringan kecil dengan kebutuhan pengelolaan bandwidth sederhana tanpa konfigurasi kompleks. Ketiga teknik ini menunjukkan kemampuan Mikrotik untuk beradaptasi dengan kebutuhan jaringan yang spesifik, baik dalam skala kecil maupun besar[28]. Selain teknik utama, Mikrotik dilengkapi fitur Firewall Mangle yang memungkinkan administrator jaringan menandai (marking) paket data berdasarkan parameter tertentu, seperti IP address, port, atau protokol.

Paket yang telah ditandai dapat diklasifikasikan lebih lanjut sebelum dialokasikan ke dalam teknik manajemen bandwidth, seperti Queue Tree atau HTB. Hal ini memastikan

bahwa distribusi bandwidth sesuai dengan karakteristik trafik spesifik dan kebutuhan jaringan [29]. Teknik ini dapat dikombinasikan dengan fitur monitoring trafik yang tersedia pada perangkat Mikrotik. Monitoring memungkinkan administrator menganalisis pola penggunaan bandwidth, memperkirakan beban trafik, serta melakukan penyesuaian alokasi bandwidth secara proaktif. Data yang diperoleh dari monitoring dapat digunakan untuk mengoptimalkan konfigurasi Queue Tree, HTB, atau Simple Queue, terutama dalam menghadapi lonjakan trafik yang tidak terduga [30].

**Tabel 1.** Perbandingan Latensi dan Throughput pada Berbagai Teknik Manajemen Bandwidth

Teknik	Latensi (ms)	Throughput (Mbps)	Kondisi Ideal	Keterangan
Simple Queue	25	45	Jaringan kecil dengan sedikit pengguna	Stabil untuk kebutuhan sederhana, tetapi kurang optimal untuk trafik beragam dan kompleks
Queue Tree	15	50	Jaringan dengan banyak jenis trafik	Mengelola prioritas trafik dengan baik, ideal untuk streaming, VoIP, dan aplikasi kritis lainnya
HTB	10	48	Jaringan besar dengan kebutuhan prioritas tinggi	Efisien dalam pengaturan prioritas berjenjang, cocok untuk lingkungan perusahaan yang kompleks

Tabel 1 menunjukkan perbandingan performa tiga teknik manajemen bandwidth pada perangkat Mikrotik, yaitu Simple Queue, Queue Tree, dan Hierarchical Token Bucket (HTB), berdasarkan metrik latensi dan throughput. Simple Queue memiliki latensi 25 ms dengan throughput 45 Mbps, cocok untuk jaringan kecil dengan kebutuhan sederhana. Namun, teknik ini kurang optimal untuk trafik beragam karena tidak mendukung prioritas. Queue Tree lebih unggul dengan latensi 15 ms dan throughput 50 Mbps. Teknik ini efektif mengelola prioritas trafik seperti VoIP dan streaming, menjaga aplikasi penting tetap lancar meski trafik padat. HTB mencatat latensi terendah (10 ms) dan throughput stabil (48 Mbps). Teknik ini ideal untuk

jaringan besar karena mampu mengelola trafik secara hierarkis, memastikan aplikasi prioritas tinggi tetap optimal.

Dari ketiga teknik, HTB menunjukkan performa terbaik karena latensi terendah dan kemampuan membagi trafik secara hierarkis. Disamping itu, HTB paling efektif digunakan pada jaringan besar yang membutuhkan pengelolaan trafik kompleks dengan berbagai tingkat prioritas.

## 5. KESIMPULAN

Manajemen bandwidth pada Mikrotik terbukti efektif dalam mengatur dan mengoptimalkan distribusi bandwidth di jaringan. Teknik seperti Queue Tree, Simple Queue, dan Hierarchical Token Bucket (HTB) mampu memenuhi kebutuhan trafik dengan keunggulan masing-masing. Queue Tree dan HTB sangat baik dalam mengelola prioritas trafik untuk menjaga stabilitas jaringan saat beban tinggi. Simple Queue cocok untuk membatasi penggunaan bandwidth secara langsung pada pengguna individu tanpa mengurangi kinerja jaringan secara keseluruhan. Fitur tambahan seperti Firewall Mangle untuk menandai paket data dan monitoring trafik membantu pengelolaan jaringan agar lebih fleksibel. Hal ini memungkinkan administrator menyesuaikan konfigurasi sesuai kebutuhan yang terus berubah, sehingga penggunaan bandwidth tetap efisien dan stabil. Penelitian ini menunjukkan bahwa teknik manajemen bandwidth pada Mikrotik dapat diterapkan di jaringan yang lebih besar, seperti di perusahaan, sekolah, atau layanan publik. Dengan kemampuan menangani trafik yang kompleks, teknik ini membantu menjaga kinerja jaringan tetap optimal dan mendukung kebutuhan operasional yang beragam.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. O. Sidqi, I. Fitri, and N. D. Nathasia, "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA JARINGAN MIKROTIK," *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 132–138, Jun. 2021, doi: 10.29100/jipi.v6i1.1927.
- [2] F. W. Christanto, A. F. Daru, and A. Kurniawan, "Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem*

- dan Teknologi Informasi*), vol. 5, no. 2, pp. 407–412, Apr. 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.3026.
- [3] R. Sopandi, Suhardi, H. Priyandaru, A. Taufik, and U. Saputra, “IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH PADA SMK DARUL MU’IN PAKUHAJI DENGAN METODE SIMPLE QUEUE DAN FILTERING CONTENT,” *Technologia : Jurnal Ilmiah*, vol. 14, no. 2, pp. 117–123, Apr. 2023, doi: 10.31602/tji.v14i2.9546.
- [4] R. A. Paskal, “Tinjauan Literatur: Implementasi Manajemen Bandwidth,” *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 4, pp. 8075–8090, 2024.
- [5] J. Logeshwaran, M. Ramkumar, T. Kiruthiga, and S. P. Ravi, “THE ROLE OF INTEGRATED STRUCTURED CABLING SYSTEM (ISCS) FOR RELIABLE BANDWIDTH OPTIMIZATION IN HIGH SPEED COMMUNICATION NETWORK,” *ICTACT Journal on Communication Technology*, vol. 13, no. 1, pp. 2635–2639, Mar. 2022, doi: 10.21917/ijct.2022.0389.
- [6] Z. Wu, “Deep Learning with Improved Metaheuristic Optimization for Traffic Flow Prediction,” *Journal of Computer Science and Technology Studies*, vol. 6, no. 4, pp. 47–53, Sep. 2024, doi: 10.32996/jcsts.2024.6.4.7.
- [7] F. Tang, B. Mao, Y. Kawamoto, and N. Kato, “Survey on Machine Learning for Intelligent End-to-End Communication Toward 6G: From Network Access, Routing to Traffic Control and Streaming Adaption,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 23, no. 3, pp. 1578–1598, 2021, doi: 10.1109/COMST.2021.3073009.
- [8] X. Zhang *et al.*, “Traffic Flow Forecasting with Spatial-Temporal Graph Diffusion Network,” *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, vol. 35, no. 17, pp. 15008–15015, May 2021, doi: 10.1609/aaai.v35i17.17761.
- [9] L. C. M. Malobe and A. O. Amaechi, “Integrating Voice over IP Solution in IPv6 and IPv4 Networks to Increase Employee Productivity: A Case Study of Cameroon Telecommunications (Camtel), North-West,” *Journal of International Technology and Information Management*, vol. 30, no. 1, pp. 69–108, Jan. 2021, doi: 10.58729/1941-6679.1469.
- [10] C. Sieber, S. Schwarzmann, A. Blenk, T. Zinner, and W. Kellerer, “Scalable Application- and User-aware Resource Allocation in Enterprise Networks Using End-Host Pacing,” *ACM Transactions on Modeling and Performance Evaluation of Computing Systems*, vol. 5, no. 3, pp. 1–41, Sep. 2020, doi: 10.1145/3381996.

- [11] 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 Terapan Teknologi Informasi)*, vol. 13, no. 2, pp. 81–86, Jul. 2021, doi: 10.46964/justti.v13i2.750.
- [12] 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 Jurnal Teknik Informatika*, vol. 1, no. 2, pp. 82–97, Jun. 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.24.
- [13] D. S. Tampubolon, H. Aprilyani, and R. W. Pulungan, "Perancangan Jaringan dan Manajemen Bandwidth User dengan Mikrotik di Dinas Kominfo Provinsi Sumatera Utara," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (CoSIE)*, vol. 1, no. 1, pp. 26–37, Jan. 2022, doi: 10.55537/cosie.v1i1.28.
- [14] A. Salim, T. Wijaya, and N. N. Pusparini, "RANCANG BANGUN PENGELOLAAN BANDWIDTH INTERNET MENGGUNAKAN METODE QUEUE TREE DENGAN ROUTER MIKROTIK DI PT XYZ," *Infotech: Journal of Technology Information*, vol. 9, no. 2, pp. 109–116, Nov. 2023, doi: 10.37365/jti.v9i2.167.
- [15] I. Marlina and A. Perdana, "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN QUEUE TREE ROUTER MIKROTIK," *Sienna*, vol. 3, no. 1, pp. 32–39, Jul. 2022, doi: 10.47637/sienna.v3i1.677.
- [16] Darmawan, M. A., Fitri, I., And Iskandar, A., "Manajemen Bandwidth Pada Mikrotik Dengan Limitasi Bertingkat Menggunakan Metode Simple Queue," *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, vol. 3, no. 2, pp. 270-280, doi: 10.31539/intecom.v3i2.1821.
- [17] Altarik, M. F., and Putra, A. D., "Perancangan Keamanan Jaringan Metode Authentication Login Hotspot Menggunakan Router Mikrotik di PT. Nusindo Rekatama Semesta," *Jurnal Nasional Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 4, pp. 103-120, doi: 10.47747/jurnalnik.v4i4.1502.
- [18] Y.-F. Liu *et al.*, "A Survey of Recent Advances in Optimization Methods for Wireless Communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 42, no. 11, pp. 2992–3031, Nov. 2024, doi: 10.1109/JSAC.2024.3443759.
- [19] R. Prosad, C. Davrolis, M. Murray, and K. C. Claffy, "Bandwidth estimation: metrics, measurement techniques, and tools," *IEEE Netw*, vol. 17, no. 6, pp. 27–35, Nov. 2023, doi: 10.1109/MNET.2003.1248658.

- [20] R. Sarafudin, Zulfamanna, M. Kustati, and N. Sepriyanti, "Penelitian Kualitatif," *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, vol. 3, no. 2, pp. 9680–9694, 2023.
- [21] Y. Yusanto, "Ragam Pendekatan Penelitian Kualitatif," *Journal of Scientific Communication*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2019.
- [22] S. Aminah, "Manajemen Bandwidth dalam Mengoptimalkan Penggunaan Router Mikrotik terhadap Pelayanan Koneksi Jaringan," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, vol. 4, no. 3, pp. 102–106, Sep. 2022, doi: 10.37034/infec.v4i3.144.
- [23] A. R. Basar and A. B. Prastio, "PERANCANGAN JARINGAN LOCAL AREA NETWORK DAN MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN QUEUE TREE," *Jurnal Teknik Ibnu Sina (JT-IBSI)*, vol. 7, no. 2, pp. 1–12, Jan. 2023, doi: 10.36352/jt-ibsi.v7i02.525.
- [24] H. Jaya, N. D. M. Veronika, A. R. W. Mahfuzi, and R. Toyib, "Perancangan Sistem Manajemen Jaringan Menggunakan Mikrotik Pada Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Bengkulu," *Jurnal Komputer, Informasi dan Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 1–11, Aug. 2024, doi: 10.53697/jkomitek.v4i1.1815.
- [25] M. Siddik, A. P. Lubis, and S. Sahren, "OPTIMALISASI KECEPATAN JARINGAN INTERNET PADA MTS DAARUSSALAM MENGGUNAKAN METODE SIMPLE QUEUE," *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, vol. 6, no. 1, pp. 117–122, Feb. 2023, doi: 10.54314/jssr.v6i1.1179.
- [26] A. Riady and A. R. Mukthi, "Penerapan Manajemen Bandwith Menggunakan Hierarchical Token Bucket Di PT. Bukit Energi Servis Terpadu," *Jurnal Pengembangan Sistem Informasi dan Informatika*, vol. 2, no. 2, pp. 87–96, Nov. 2021, doi: 10.47747/jpsii.v2i2.549.
- [27] V. Y. P. Ardhana and M. D. Mulyodiputro, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Universitas Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *Journal of Informatics Management and Information Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 70–76, Apr. 2023, doi: 10.47065/jjimat.v3i2.257.
- [28] M. A. H. Rizky, A. Solehudin, and E. H. Nurkifli, "OPTIMALISASI BANDWIDTH PADA JARINGAN INTERNET MENGGUNAKAN METODE SIMPLE QUEUE DAN PEER CONNECTION QUEUE," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 8, no. 4, pp. 7856–7863, Aug. 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10497.
- [29] K. Seprianus, "Analisis Keamanan Jaringan Menggunakan Mikrotik Pada Lab Komputer STMIK Widuri," *Neptunus: Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, vol. 2, no. 3, pp. 16–24, Jun. 2024, doi: 10.61132/neptunus.v2i3.177.

- [30] F. P. E. Putra, K. Mufidah, R. M. Ilhamsyah, S. A. Efendy, and S. N. R. Barokah, "Tinjauan Performa RouterOS Mikrotik dalam Jaringan Internet: Analisis Kinerja dan Kelayakan," *Digital Transformation Technology*, vol. 3, no. 2, pp. 903–910, Jan. 2024, doi: 10.47709/digitech.v3i2.3446.