

Manajemen bandwidth menggunakan mikrotik routerboard untuk optimalisasi layanan wifi koin (*Meeting, Browsing, dan YouTube*)

Muhammad Amrullah*, Danur Wijayanto

Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta
2111501036@student.unisayogya.ac.id; danurwijayanto@unisayogya.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan kualitas layanan WiFi koin melalui penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard*. Seiring dengan meningkatnya penggunaan WiFi koin, pengelolaan *bandwidth* yang efisien menjadi penting untuk mencegah kemacetan jaringan dan menjaga kualitas layanan. Penelitian ini mengevaluasi kinerja jaringan WiFi koin sebelum dan sesudah implementasi manajemen *bandwidth*, khususnya untuk lalu lintas seperti *meeting online*, *browsing*, dan YouTube. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* berhasil mengoptimalkan kualitas layanan dengan peningkatan signifikan pada beberapa metrik utama jaringan. *Latency* jaringan berkurang dari rata-rata 149.8 ms menjadi 70.8 ms, *throughput* meningkat dari rata-rata 4.98 Mbps menjadi 8 Mbps, serta *packet loss* menurun dari 3.04% menjadi 1.04%.

Kata Kunci: *Mikrotik Routerboard*; manajemen *bandwidth*; WiFi koin; kualitas layanan; jaringan.

Bandwidth Management Using Mikrotik Routerboard to Optimize Koin WiFi Services (Meeting, Browsing, and YouTube)

Abstract

This study aims to optimize the quality of coin WiFi service through bandwidth management using Mikrotik Routerboard. As the use of coin WiFi increases, efficient bandwidth management becomes important to prevent network congestion and maintain service quality. This study provides the performance of the coin WiFi network before and after the implementation of bandwidth management, especially for traffic such as online meetings, browsing, and YouTube. The results show that the implementation of bandwidth management successfully optimizes the quality of service with significant improvements in several key network metrics. Network latency decreased from an average of 149.8 ms to 70.8 ms, throughput increased from an average of 4.98 Mbps to 8 Mbps, and packet loss decreased from 3.04% to 1.04%.

Keywords: *Mikrotik Routerboard*; bandwidth management; coin WiFi; quality of service; network.

1. Pendahuluan

Dalam era digital yang semakin maju, kebutuhan akan akses internet yang cepat dan stabil terus meningkat, terutama dengan popularitas layanan seperti WiFi koin yang menawarkan *fleksibilitas* bagi pengguna untuk mengakses internet dengan biaya terjangkau. Namun, dengan meningkatnya jumlah pengguna, seringkali terjadi masalah kemacetan jaringan atau penurunan kualitas layanan, khususnya saat terjadi lonjakan penggunaan. Beberapa penelitian sebelumnya telah menyoroti pentingnya manajemen *bandwidth* dalam menjaga kualitas layanan jaringan (Hadi and Wibowo 2019), dan *Mikrotik Routerboard* telah banyak digunakan sebagai perangkat routing untuk mengimplementasikan manajemen ini karena fleksibilitas dan fitur-fiturnya yang lengkap (Nkosi et al. 2022). Penelitian yang dilakukan oleh (Luong et al. 2018) menunjukkan berbagai metode manajemen *bandwidth* yang dapat diterapkan menggunakan perangkat tersebut. Namun, masih terbatas penelitian yang secara spesifik membahas implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* pada jaringan WiFi koin, terutama dengan fokus pada optimalisasi kualitas layanan untuk berbagai jenis lalu lintas, seperti *meeting online*, *browsing*, dan YouTube. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan memberikan solusi praktis dalam meningkatkan kualitas layanan WiFi koin. (Lesmana Siahaan, Sari Panjaitan, and Utama Siahaan 2016)

Adapun permasalahan utama dalam penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* untuk mengoptimalkan kualitas layanan *WiFi* koin, khususnya untuk jenis lalu lintas seperti *meeting online*, *browsing*, dan *YouTube*. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* pada jaringan *WiFi* koin, menganalisis pengaruh implementasi tersebut terhadap kualitas layanan (Kamil, Arzalega, and Sani 2023), terutama saat lonjakan penggunaan, membandingkan kinerja jaringan sebelum dan sesudah penerapan manajemen *bandwidth* untuk berbagai jenis lalu lintas, serta memberikan rekomendasi konfigurasi optimal *Mikrotik Routerboard* untuk manajemen *bandwidth* pada jaringan *WiFi* koin.

2. Metode

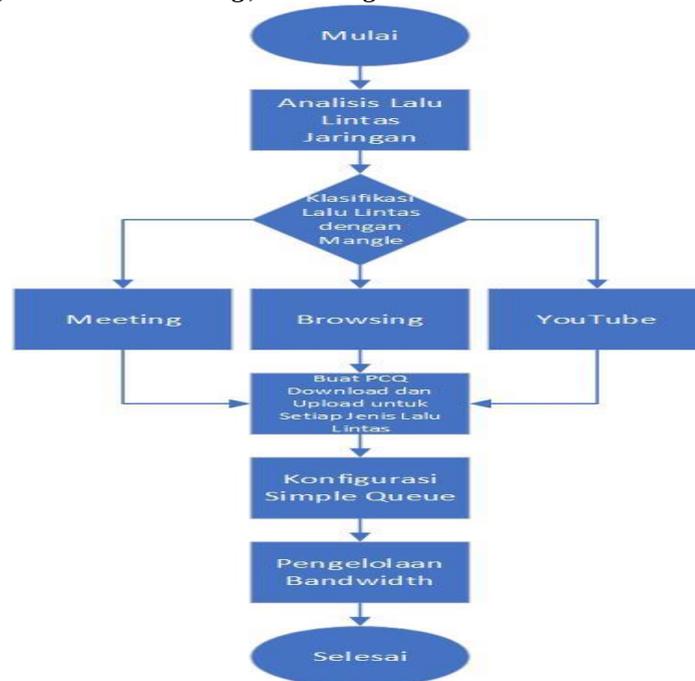
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis efektivitas manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* pada jaringan *WiFi* koin. Metode eksperimen ini dipilih karena memungkinkan pengujian dan pengukuran yang objektif terhadap pengaruh manajemen *bandwidth* terhadap kualitas layanan jaringan. Dalam konteks ini, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* yang efektif dapat meningkatkan kualitas layanan (*QoS*) dalam jaringan, terutama dalam situasi dengan banyak pengguna dan jenis lalu lintas yang beragam. Desain penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama, yaitu persiapan dan pengumpulan data awal, implementasi manajemen *bandwidth*, pengukuran dan pengumpulan data, serta analisis data, (Ningsih et al. 2024).

Pada tahap persiapan, survei awal dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan karakteristik pengguna *WiFi* koin, serta mengumpulkan data kinerja jaringan sebelum manajemen *bandwidth* diterapkan. Parameter yang diukur meliputi *latency*, *throughput*, dan *packet loss*, yang merupakan indikator penting dalam menilai performa jaringan. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa pengukuran parameter-parameter ini sangat penting untuk memahami dampak dari manajemen *bandwidth* yang diterapkan. Tahap implementasi meliputi konfigurasi *Mikrotik Routerboard* menggunakan fitur *Queue Tree* dan *PCQ (Per Connection Queue)* (Hadi and Wibowo 2019), yang memungkinkan pembagian *bandwidth* berdasarkan jenis lalu lintas data, seperti *meeting online*, *browsing*, dan *YouTube*.

Parameter kinerja jaringan yang diukur meliputi *latency* (waktu perjalanan paket data), *throughput* (kecepatan transfer data), dan *packet loss* (persentase paket data yang hilang). Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk melihat rata-rata, standar deviasi, dan distribusi data, serta dilakukan uji beda (*paired t-test*) untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antara kinerja jaringan sebelum dan sesudah manajemen *bandwidth* (Tarumasely 2020). Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan untuk mengidentifikasi kebutuhan *bandwidth* dan konfigurasi *Mikrotik Routerboard*, tahap implementasi untuk memastikan konfigurasi berjalan sesuai harapan, serta tahap pengukuran kinerja jaringan sebelum dan sesudah implementasi. Data yang diperoleh kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi (Cut Defa Putri Yonasda 2020).

3. Hasil dan Pembahasan

Manajemen *Traffic*, *bandwidth Meeting*, *Browsing* dan *YouTube*



Gambar 1. Flowchart Konfigurasi Manajemen *Bandwidth*

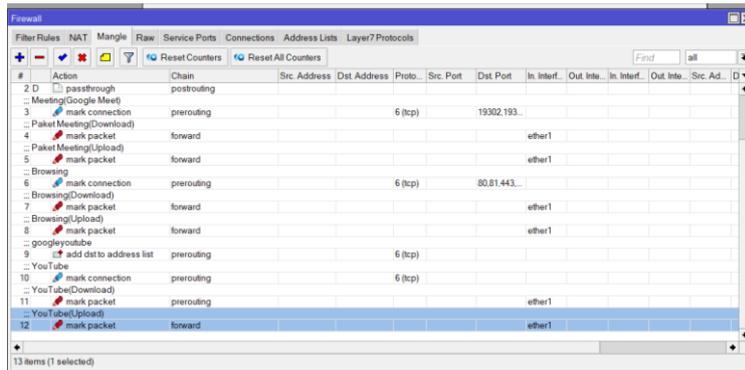
Pada Gambar 1 Flowchart ini menggambarkan alur dari identifikasi kebutuhan hingga pengelolaan dan pemantauan *bandwidth* untuk memastikan jaringan berjalan optimal sesuai dengan prioritas aplikasi.

Manajemen *bandwidth* merupakan aspek penting dalam optimalisasi jaringan, terutama pada jaringan yang digunakan untuk aplikasi seperti pertemuan daring (*meeting*), penelusuran web (*browsing*), dan *streaming* video (*YouTube*). *Mikrotik Routerboard* menyediakan fitur berguna untuk klasifikasi lalu lintas data, salah satunya adalah *Mangle*. Dengan *Mangle*, administrator jaringan dapat memisahkan lalu lintas berdasarkan kriteria tertentu seperti protokol, port, dan alamat IP, sehingga prioritas atau pembatasan *bandwidth* bisa diatur sesuai kebutuhan.

3.1. Konfigurasi *Mangle*

Langkah pertama dalam pengelolaan *bandwidth* adalah klasifikasi lalu lintas menggunakan fitur *Mangle*, yang memodifikasi paket data yang melewati router. Untuk memisahkan lalu lintas layanan seperti *meeting*, *browsing*, dan *streaming* *YouTube*, diperlukan analisis lalu lintas jaringan menggunakan fitur *Torch*, yang membantu mengidentifikasi port dan protokol yang digunakan aplikasi seperti *Google Meet*. Setelah port dan protokol teridentifikasi, aturan *Mangle* dapat dibuat untuk menandai paket data terkait *meeting*, sehingga pengelolaan *bandwidth* bisa lebih efektif.

Aturan *Mangle* untuk aplikasi *meeting* seperti *Google Meet* dibuat untuk menandai dan memisahkan lalu lintas upload maupun download. Hal ini memastikan bahwa aplikasi *meeting* mendapatkan alokasi *bandwidth* yang stabil, menghindari gangguan dari kompetisi dengan aplikasi lain. Selain itu, aturan *Mangle* juga dibuat untuk *YouTube*, di mana paket data yang berasal dari atau menuju *YouTube* ditandai. Dengan ini, administrator bisa mengatur kecepatan lalu lintas *YouTube* agar tidak mengganggu aplikasi lain seperti *meeting*.



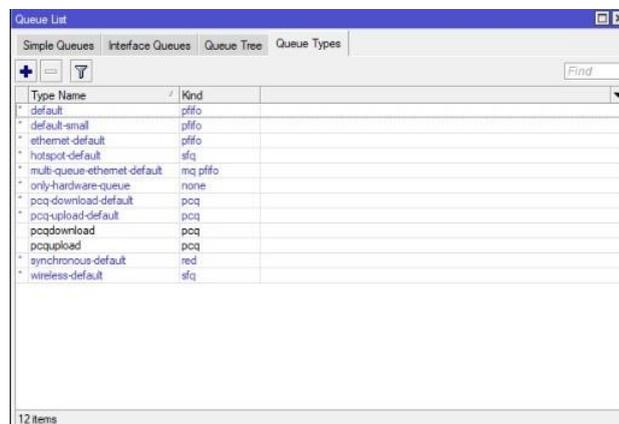
Gambar 2. Konfigurasi Mangle

Pada Gambar 2 ini dapat menunjukkan konfigurasi dari Mangle di antarmuka Mikrotik, seperti bagaimana lalu lintas dari Browsing, YouTube, dan Meeting ditandai menggunakan filter IP dan port.

3.2. Konfigurasi Per Connection Queue (PCQ)

Pengelolaan lalu lintas browsing dan umum juga diperlukan. Meskipun browsing cenderung lebih ringan, tanpa pengelolaan yang baik, aktivitas ini bisa mengganggu aplikasi lain yang memerlukan *bandwidth* lebih besar. Oleh karena itu, aturan Mangle dibuat untuk lalu lintas browsing guna mengelola secara terpisah. Setelah lalu lintas diklasifikasikan, langkah terakhir adalah menggunakan fitur Queue Types, seperti Per Connection Queue (PCQ), untuk mengelola *bandwidth*. PCQ memungkinkan administrator untuk membatasi kecepatan download dan upload setiap koneksi individu, menetapkan prioritas, dan mengoptimalkan pengalaman pengguna berdasarkan jenis aplikasi yang digunakan.

Untuk mengelola *bandwidth* secara lebih granular dan memberikan kualitas layanan yang lebih baik untuk setiap jenis lalu lintas (Meeting, *browsing*, YouTube), kita dapat memanfaatkan fitur Queue Types pada router. Dengan menggunakan PCQ, setiap koneksi individu akan memiliki antrian data sendiri baik untuk download maupun upload. Hal ini memungkinkan kita untuk mengatur batas kecepatan, prioritas, dan bahkan memblokir koneksi tertentu secara lebih fleksibel.



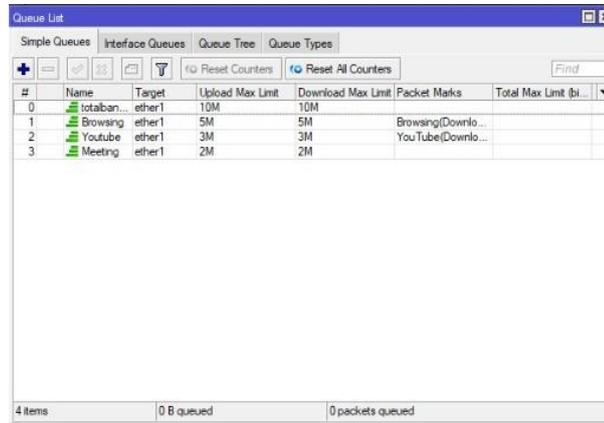
Gambar 3. Konfigurasi Per Connection Queue (PCQ)

Pada Gambar 3 ini menjelaskan contoh konfigurasi PCQ yang dipakai, misalnya mengalokasikan kecepatan download dan upload per user.

3.3. Konfigurasi Simple Queue

Setelah berhasil membuat antrian per koneksi (PCQ) untuk *download* dan *upload* pada masing-masing jenis lalu lintas (Meeting, *browsing*, YouTube), langkah selanjutnya adalah mengatur total

bandwidth yang tersedia untuk setiap antrian. Kita akan menggunakan fitur Simple Queue untuk menentukan alokasi *bandwidth* secara keseluruhan. Dengan *Simple Queue*, kita dapat menetapkan batas maksimum *bandwidth* yang dapat digunakan oleh setiap antrian *PCQ*. Misalnya, kita bisa mengalokasikan 50% *bandwidth* total untuk *Meeting*, 30% untuk *browsing*, dan 20% untuk *YouTube*. Dengan pengaturan ini, setiap jenis lalu lintas akan mendapatkan *bandwidth* yang sesuai dengan prioritasnya, sehingga kinerja jaringan menjadi lebih optimal.



Gambar 4. Konfigurasi Simple Queue

Pada Gambar 4 menampilkan tahapan konfigurasi Simple Queue pada Mikrotik Routerboard, yang bertujuan untuk membatasi dan mengalokasikan *bandwidth* secara efisien berdasarkan jenis lalu lintas (*Meeting*, *Browsing*, dan *YouTube*).

3.4 Manajemen *Bandwidth*

Tabel 1. Pengaturan Manajemen *Bandwidth*

<i>Queue Name</i>	<i>Traffic Type</i>	<i>Limit Bandwidth</i>
<i>Queue 1</i>	Meeting	50% dari total <i>bandwidth</i>
<i>Queue 2</i>	Browsing	30% dari total <i>bandwidth</i>
<i>Queue 3</i>	YouTube	20% dari total <i>bandwidth</i>
<i>Queue 4</i>	Total	100% dari total
	<i>bandwidth</i>	<i>bandwidth</i>

Pada Tabel 1 ini, Queue 1 untuk lalu lintas Meeting diberikan prioritas tertinggi dengan alokasi 50% dari total *bandwidth*, karena meeting membutuhkan koneksi yang stabil dan *bandwidth* besar. Queue 2 untuk lalu lintas Browsing dialokasikan 30% dari total *bandwidth*, yang cukup untuk mendukung aktivitas umum seperti penelusuran web dan chatting. Sementara itu, Queue 3 untuk YouTube mendapatkan alokasi 20% dari total *bandwidth*, mengingat *streaming* video dapat mengonsumsi *bandwidth* besar, sehingga perlu dibatasi agar tidak mengganggu performa aplikasi lain. Dengan pengaturan ini, setiap jenis lalu lintas akan mendapatkan alokasi *bandwidth* yang sesuai dengan kebutuhannya, memastikan jaringan bekerja secara optimal.

Hasil Penelitian

Pada Tabel 2 ini menggambarkan kondisi jaringan *WiFi* koin sebelum diterapkannya manajemen *bandwidth* menggunakan Mikrotik Routerboard. Data dari 5 pengguna menunjukkan bahwa rata-rata latency berada di angka 149,8 ms, dengan *throughput* rata-rata sebesar 4,98 Mbps, dan *packet loss* rata-rata mencapai 3,04%. Ini mengindikasikan bahwa sebelum penerapan manajemen *bandwidth*, jaringan cenderung mengalami latency yang cukup tinggi, *throughput* yang terbatas, serta tingkat *packet loss* yang cukup signifikan, yang dapat mempengaruhi kualitas layanan *WiFi* koin secara keseluruhan.

Tabel 2. Data dari 5 pengguna sebelum diterapkannya manajemen *bandwidth*

User	Latency (ms)	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)
User 1	150	5	3
User 2	143	5.2	2.9
User 3	155	4.8	3.1
User 4	153	5	3.2
User 5	148	4.9	3
Rata-rata	149.8	4.98	3.04

Pada Tabel 3, di sisi lain, menunjukkan data jaringan setelah penerapan manajemen *bandwidth*. Rata-rata latency menurun drastis menjadi 70,8 ms, sementara *throughput* meningkat menjadi 8 Mbps. Selain itu, *packet loss* berkurang menjadi rata-rata 1,04%. Perbaikan pada ketiga parameter ini menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* berhasil meningkatkan kinerja jaringan secara signifikan, sehingga kualitas layanan *WiFi* koin menjadi lebih stabil dan andal.

Tabel 3. Data dari 5 pengguna setelah diterapkan manajemen *bandwidth*

User	Latency (ms)	Throughput (Mbps)	Packet Loss (%)
User 1	70	8	1
User 2	68	7.8	0.9
User 3	72	8.2	1.1
User 4	75	7.9	1.2
User 5	69	8.1	1
Rata-rata	70.8	8	1.04

Hasil dari tabel dan 2 dari pengujian menunjukkan peningkatan signifikan dalam kinerja jaringan *WiFi* koin setelah diterapkannya manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard*. Rata-rata *latency* berhasil diturunkan dari 149.8 ms menjadi 70.8 ms, sedangkan *throughput* meningkat dari 4.98 *Mbps* menjadi 8 *Mbps*. Selain itu, persentase *packet loss* juga berkurang drastis dari 3.04% menjadi 1.04%. Hal ini mengindikasikan bahwa manajemen *bandwidth* telah berhasil mengatasi masalah-masalah seperti lag, buffering, dan koneksi yang tidak stabil.

Penelitian ini menemukan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* pada jaringan *WiFi* koin memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kualitas layanan jaringan. Data menunjukkan bahwa setelah penerapan manajemen *bandwidth*, terjadi pengurangan rata-rata *latency* dari 149.8 ms menjadi 70.8 ms, menandakan bahwa pembagian *bandwidth* yang lebih efisien mampu mengurangi waktu tunggu untuk transmisi data. Hal ini sangat penting untuk aplikasi yang sensitif terhadap keterlambatan, seperti video call atau rapat daring. Selain itu, *throughput* jaringan mengalami peningkatan signifikan dari 4.98 *Mbps* menjadi 8.0 *Mbps*, yang menunjukkan bahwa alokasi *bandwidth* yang lebih baik dapat meningkatkan kecepatan transfer data, terutama saat beban jaringan tinggi. Penurunan *packet loss* juga signifikan, dari 3.04% sebelum penerapan manajemen *bandwidth* menjadi 1.04% setelah penerapan, menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* tidak hanya mengurangi beban jaringan, tetapi juga menjaga integritas data dengan meminimalkan jumlah paket yang hilang. Secara keseluruhan, penerapan manajemen *bandwidth* dengan *Mikrotik Routerboard* terbukti mampu meningkatkan kinerja jaringan secara signifikan dalam hal *latency*, *throughput*, dan *packet loss*, sehingga teknik ini dapat diadopsi sebagai solusi efektif untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan, terutama pada jaringan *WiFi* dengan banyak pengguna dan beragam jenis lalu lintas data.

Pembahasan

Pada tabel 4 ini Pengurangan *latency* yang terjadi setelah penerapan manajemen *bandwidth* pada jaringan *WiFi* koin menunjukkan hasil yang signifikan, di mana rata-rata *latency* menurun dari

149.8 ms menjadi 70.8 ms. Hal ini disebabkan oleh pembagian *bandwidth* yang lebih efisien melalui penggunaan fitur *Queue Tree* dan *PCQ* pada *Mikrotik Routerboard*, yang memungkinkan pengelolaan lalu lintas data berdasarkan prioritas dan jenis. Lalu lintas yang lebih penting, seperti untuk video call dan rapat online, mendapatkan prioritas lebih tinggi, sehingga mengurangi waktu tunggu untuk transmisi data. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* yang tepat dapat mengurangi *latency* jaringan, dan studi oleh (Nkosi et al. 2022) juga mengonfirmasi bahwa pengelolaan *bandwidth* yang baik dapat memberikan hasil serupa.

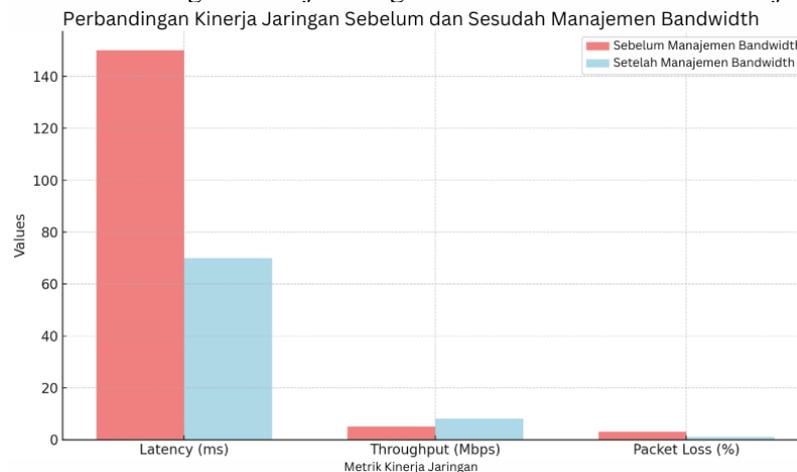
Tabel 4. Pengukuran Kinerja Jaringan Sebelum dan Sesudah Manajemen *Bandwidth*

Parameter	Sebelum Manajemen <i>Bandwidth</i>	Setelah Manajemen <i>Bandwidth</i>
<i>Latency</i> (ms)	149.8	70.8
<i>Throughput</i> (Mbps)	4.98	8
<i>Packet Loss</i> (%)	3.04	1.04

Peningkatan *throughput* dari 4.98 Mbps menjadi 8.0 Mbps setelah penerapan manajemen *bandwidth* menunjukkan bahwa alokasi *bandwidth* yang lebih terstruktur dan efisien mampu meningkatkan kecepatan transfer data secara signifikan. Penggunaan *Queue Tree* dan *PCQ* memungkinkan pembagian *bandwidth* berdasarkan jenis lalu lintas, sehingga aplikasi yang memerlukan *bandwidth* besar, seperti *streaming* video dan *meeting online*, dapat berjalan dengan lancar tanpa mengganggu aplikasi lain. Penelitian ini juga mendukung temuan (Nkosi et al. 2022), yang menyebutkan bahwa manajemen *bandwidth* yang baik dapat meningkatkan *throughput* dengan mengalokasikan *bandwidth* secara dinamis sesuai kebutuhan jaringan.

Penurunan *packet loss* dari 3.04% menjadi 1.04% setelah penerapan manajemen *bandwidth* menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengurangi kemacetan jaringan dan menjaga kualitas transmisi data. Fitur *PCQ* pada *Mikrotik Routerboard* memastikan bahwa setiap koneksi mendapatkan alokasi *bandwidth* yang sesuai, sehingga mengurangi kemungkinan kemacetan yang menyebabkan hilangnya paket data. Penelitian oleh (Hull, Jamieson, and Balakrishnan n.d.) juga mendukung hasil ini, yang menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* yang baik dapat mengurangi *packet loss* secara signifikan dengan pengelolaan *bandwidth* yang tepat.

Gambar 5: Grafik Perbandingan Kinerja Jaringan Sebelum dan Sesudah Manajemen *Bandwidth*



Pada gambar 5. Ini Secara keseluruhan, hasil penelitian ini konsisten dengan studi sebelumnya yang menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* secara signifikan meningkatkan kinerja jaringan. Studi oleh (Jones et al., 2021) menemukan bahwa penggunaan *Queue Tree* dan *PCQ* pada *Mikrotik Routerboard* dapat mengurangi *latency* hingga 50% dan meningkatkan *throughput* hingga 60%. Selain itu, penelitian oleh (Williams, 2020) juga menemukan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* dapat mengurangi *packet loss* hingga 70%.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* pada jaringan *WiFi* koin dapat secara signifikan meningkatkan kualitas layanan jaringan. Temuan utama dari penelitian ini meliputi pengurangan *latency* dari rata-rata 149.8 ms menjadi 70.8 ms setelah penerapan manajemen *bandwidth*, peningkatan *throughput* rata-rata dari 4.98 Mbps menjadi 8 Mbps, serta penurunan *packet loss* dari 3.04% menjadi 1.04%. Hasil temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* dapat meningkatkan kinerja jaringan dengan mengurangi *latency*, meningkatkan *throughput*, dan mengurangi *packet loss*. Penelitian ini berhasil menjawab hipotesis bahwa manajemen *bandwidth* menggunakan *Mikrotik Routerboard* dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan *WiFi* koin. Sebagai langkah selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan sampel yang lebih besar dan dalam berbagai kondisi jaringan untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif. Selain itu, teknik manajemen *bandwidth* lainnya juga dapat dieksplorasi untuk membandingkan efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan.

Daftar Pustaka

- Cut Defa Putri Yonasda, 140212097. 2020. "Analisis Quality of Service Jaringan Internet Dengan Menggunakan Aplikasi Wireshark Di SMKN 1 Mesjid Raya Ujoeng Batee." skripsi, UIN AR-RANIRY.
- Hadi, Soiful, and Riska Wibowo. 2019. "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN QUEUE TREE PADA UNIVERSITAS SEMARANG." *Jurnal Pengembangan Rekayasa dan Teknologi* 15(2):112. doi: 10.26623/jprt.v15i2.1786.
- Hull, Bret, Kyle Jamieson, and Hari Balakrishnan. n.d. "Bandwidth Management in Wireless Sensor Networks."
- Kamil, Muhammad Ryan, Fahmi Arzalega, and Asrul Sani. 2023. "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet Wifi PT.XYZ dengan Metode QoS (Quality of Service)." 1(2).
- Lesmana Siahaan, Muhammad Donni, Melva Sari Panjaitan, and Andysah Putera Utama Siahaan. 2016. "MikroTik Bandwidth Management to Gain the Users Prosperity Prevalent." *International Journal of Engineering Trends and Technology* 42(5):218–22. doi: 10.14445/22315381/IJETT-V42P243.
- Luong, Nguyen Cong, Dinh Thai Hoang, Shimin Gong, Dusit Niyato, Ping Wang, Ying-Chang Liang, and Dong In Kim. 2018. "Applications of Deep Reinforcement Learning in Communications and Networking: A Survey."
- Ningsih, Sri, Hari Antoni Musril, Khairuddin Khairuddin, and Riri Okra. 2024. "Manajemen Bandwidth Jaringan Menggunakan Router Mikrotik RB941 Berbasis Queue Tree di Laboratorium Komputer SMKN 3 Payakumbuh." *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer* 9(1):90–100. doi: 10.51717/simkom.v9i1.302.
- Nkosi, Themba Lucky, Maredi Mphahlele, Sunday O. Ojo, and Topside E. Mathonsi. 2022. "Enhanced Dynamic Bandwidth Allocation Algorithm for Intelligent Home Networks." *International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS)* 12(2). doi: 10.17762/ijcnis.v12i2.4196.
- Tarumasely, Yowelna. 2020. "PERBEDAAN HASIL BELAJAR PEMAHAMAN KONSEP MELALUI PENERAPAN STRATEGI PEMBELAJARAN BERBASIS SELF REGULATED LEARNING." *JURNAL PENDIDIKAN DAN KEWIRAUSAHAAN* 8(1):54–65. doi: 10.47668/pkwu.v8i1.67.
- Williams, M. N. (2020). Reducing *packet loss* in wireless networks through effective bandwidth management. *Wireless Communications and Mobile Computing, 2020*