

Komparasi Algoritma Queue Type SFQ, RED, FIFO dan PCQ pada Jaringan Nirkabel Berbasis Router Mikrotik

Wira Auriga[✉], Y. Yuhandri, S. Sumijan

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK, Padang, 25221, Indonesia

Eric.aurigha@gmail.com

Abstract

Wireless networks offer flexibility, high data transfer rates that offer much higher data transfer rates, lower latency, and the ability to connect more devices simultaneously. Wireless infrastructure allows greater flexibility in the design and layout of workspaces, as it does not require complex and expensive physical cable installations. This study aims to determine the quality of the wireless network infrastructure on the Payakumbuh Technology College campus to improve the quality of the internet network to support online learning activities, academic data transactions, and information exchange. The method used in this study is a comparison of the performance of several types of queue types on Mikrotik routers, such as Stochastic Fairness Queue, Random Early Drop, First In First Out, and Per Connection Queue. This study also conducted measurements and data collection of wireless network quality samples using the Quality of Service Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network standards with indicators of throughput, bandwidth, delay, and packet loss for each upload and download traffic with a total of 32 upload and download sample measurements of the Payakumbuh Technology College wireless internet network using Wireshark. The results of the SFQ method showed a 6% performance increase in upload throughput, with a decrease in delay and jitter of 5.7% and 5.6% respectively compared to FIFO. Meanwhile, the FIFO method excels in reducing packet loss and increasing download throughput by 1.7% compared to other methods. The RED method, although showing some improvement in download delay and jitter, has a trade-off in the form of a 0.06% increase in packet loss on the download side compared to FIFO and SFQ. Overall SFQ offers a more balanced performance.

Keywords: Mikrotik, Quality of Service, QoS, Nirkabel, THIPON

Abstrak

Jaringan nirkabel menawarkan fleksibilitas, kecepatan transfer data tinggi yang menawarkan kecepatan transfer data yang jauh lebih tinggi, latensi lebih rendah, dan kemampuan untuk menghubungkan lebih banyak perangkat secara bersamaan. Infrastruktur nirkabel memungkinkan fleksibilitas yang lebih besar dalam desain dan penataan ruang kerja, karena tidak memerlukan instalasi kabel fisik yang rumit dan mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas infrastruktur jaringan nirkabel di kampus Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh guna meningkatkan kualitas jaringan internet untuk mendukung kegiatan pembelajaran online, transaksi data akademik dan pertukaran informasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah perbandingan kinerja beberapa tipe antrian *queue type* pada router Mikrotik, seperti *Stochastic Fairness Queue*, *Random Early Drop*, *First In First Out* dan *Per Connection Queue*. Penelitian ini juga melakukan pengukuran dan pengambilan data sampel kualitas jaringan nirkabel menggunakan standar *Quality of Service Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* dengan indikator *throughput*, *bandwidth*, *delay*, dan *packet loss* untuk masing-masing trafik *upload* dan *download* dengan total 32 pengukuran sampel *upload* dan *download* jaringan internet nirkabel Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh menggunakan *wireshark*. Hasil penelitian metode SFQ menunjukkan peningkatan kinerja sebesar 6% dalam *throughput upload*, dengan penurunan *delay* dan *jitter* masing-masing sebesar 5.7% dan 5.6% dibandingkan FIFO. Sementara itu, metode FIFO unggul dalam mengurangi *packet loss* dan meningkatkan *throughput download* sebesar 1.7% dibandingkan metode lainnya. Metode RED, meskipun memperlihatkan beberapa peningkatan pada *delay* dan *jitter download*, memiliki *trade-off* berupa peningkatan *packet loss* sebesar 0.06% pada sisi *download* dibandingkan FIFO dan SFQ. Secara keseluruhan SFQ menawarkan kinerja yang lebih seimbang.

Kata kunci: Mikrotik, Quality of Service, QoS, Nirkabel, THIPON

KomtekInfo is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.



1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komunikasi data pada sebuah jaringan komputer saat ini menjadi perkembangan yang sangat pesat, ini beriringan dengan teknologi

perkembangan perangkat lunak yang membutuhkan jaringan komputer yang tentunya membutuhkan jaringan internet, dengan semakin banyaknya penggunaan jaringan komputer maka dibutuhkan suatu aktivitas untuk mengukur kualitas jaringan [1].

Pentingnya kualitas jaringan *internet*, terutama dalam konteks jaringan nirkabel di lingkungan kampus Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh sangatlah krusial untuk mendukung berbagai kegiatan, seperti proses pembelajaran *online*, pengolahan dan transaksi data akademik, juga pertukaran informasi berupa *upload* maupun *download file* yang banyak diakses dan digunakan oleh mahasiswa, dosen dan pegawai untuk mengakses *internet* dengan menggunakan laptop atau *smartphone*.

Pemanfaatan *router* Mikrotik sebagai manajemen jaringan nirkabel, dapat meningkatkan layanan *internet* untuk mencapai tingkat kestabilan dan kualitas jaringan nirkabel, sambil tetap menjaga ketersediaan yang ekonomis dan mudah digunakan [2]. *Router* Mikrotik menyediakan fitur *simple queue* yang memungkinkan pengaturan alokasi *bandwidth* untuk setiap pengguna jaringan nirkabel. Melalui manajemen *bandwidth*, perbaikan terhadap kualitas jaringan dapat dilakukan [3]. Beberapa *queue type* yaitu *Stochastic Fairness Queue* (SFQ), *Random Early Drop* (RED), *Per Connection Queue* (PCQ). *Queue type* tersebut umum digunakan karena merupakan metode dan algoritma yang sangat baik dalam mengontrol sebuah *traffict* pada suatu jaringan.

Kondisi kualitas dan manajemen infrastruktur jaringan nirkabel Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh selama ini belum pernah dipantau secara pasti kualitasnya dan keahliannya. Untuk itu dilakukan pemantauan dan pengukuran *performance* atau kualitas jaringan nirkabel guna mendapatkan angka dan nilai yang pasti dari kondisi kualitas jaringan nirkabel tersebut. Untuk itu perlu suatu metode yang dapat melakukan tugas itu semua, salah satu metode yang dapat dilakukan yaitu metode *Quality of Service* (QoS) untuk pengukuran seberapa baik kualitas jaringan menggunakan indikator *Throughput*, *bandwidth*, *delay* dan *packet loss*, dan merupakan suatu kerangka untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu layanan [4].

Penelitian oleh Kusbandono menganalisis teknik antrian paket FIFO dan RED pada jaringan WLAN. Hasilnya menunjukkan bahwa meskipun perbedaannya tidak signifikan, RED memberikan sedikit peningkatan dalam QoS dibandingkan FIFO. Penelitian ini juga mengungkapkan bahwa kedua teknik tersebut mempengaruhi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* pada jaringan WLAN. Dengan demikian, implementasi FIFO dan RED dapat membantu meningkatkan kualitas layanan dan kinerja jaringan WLAN, terutama dalam pengaturan *bandwidth* dan kontrol penggunaan *internet* [5].

Penelitian menganalisis QoS pada manajemen *bandwidth* di Laboratorium Teknik Informatika ITN Malang oleh Pratama dkk. Hasilnya menunjukkan

bahwa setelah manajemen *bandwidth* menggunakan metode *simple queue*, penggunaan *bandwidth* meningkat dari <37% menjadi 60-99%. Pengujian *packet loss* menunjukkan peningkatan dari kategori sedang-buruk (>3%) menjadi lebih baik (<7%). *Delay* tetap sangat bagus (<50 ms) dan *jitter* tetap bagus (<75 ms) pada kedua skenario [6].

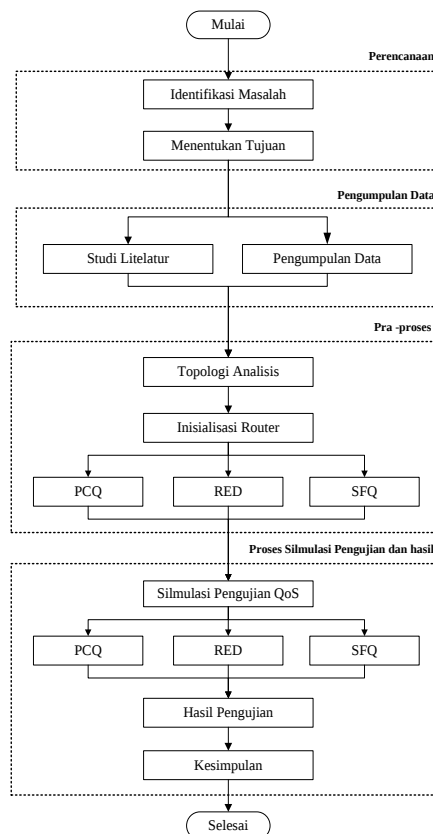
Penelitian membandingkan kinerja jaringan WLAN dengan dan tanpa QoS menggunakan Wireshark oleh Wijaya dkk. Hasilnya menunjukkan bahwa implementasi QoS secara signifikan mengurangi *latency*, *jitter*, dan *packet loss*, serta meningkatkan *throughput*. Peningkatan ini terutama bermanfaat untuk aplikasi sensitif terhadap *delay* seperti VoIP dan video streaming [7].

Penelitian oleh Viona Auro Islamianda dkk yang mengukur kualitas jaringan nirkabel di TVRI Kalimantan Timur menggunakan metode QoS dengan parameter *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter*. Data diambil menggunakan YouTube dan Wireshark. Hasilnya menunjukkan variasi nilai pada setiap stasiun, dengan *packet loss* 0%, namun terdapat fluktuasi *delay* yang mengganggu stabilitas jaringan. Meskipun *jitter* bervariasi, kualitas layanan jaringan TVRI Kalimantan Timur secara keseluruhan sesuai dengan kategori TIPHON [8]. Penelitian Muchamad Rusdan yang menguji QoS jaringan nirkabel di STT Bandung dengan mengukur *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* menggunakan Axence netTools. Hasilnya menunjukkan rata-rata *delay* 90,71 ms, *jitter* 11,92 ms, *packet loss* 3,90%, dan *throughput* 28,78 Mbps. Berdasarkan standar TIPHON, jaringan ini dikategorikan "bagus" dengan indeks rata-rata 3,5 [9].

Berdasarkan uraian sebelumnya maka penelitian ini ditujukan untuk menganalisis kualitas jaringan nirkabel di Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh dengan perbandingan kinerja beberapa tipe antrian *queue type* pada *router* Mikrotik, seperti *Stochastic Fairness Queue*, *Random Early Drop*, *First In First Out* dan *Per Connection Queue*. menggunakan perhitungan QoS dengan empat parameter yang digunakan dan standar THIPON. penelitian dapat menjadi informasi dan acuan untuk meningkatkan lagi kualitas jaringan *internet* yang sudah ada.

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian adalah langkah-langkah dan alur pengerjaan yang dilakukan untuk menyelesaikan suatu penelitian agar proses pengerjaan penelitian lebih sistematis dan terstruktur [10]. Jaringan Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh menjadi objek dalam penelitian kali ini dengan menerapkan tahapan-tahapan penelitian. Berikut tahapan yang merupakan bagian dari penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Diagram alir ini menjelaskan tahapan dalam penelitian terkait pengujian *Quality of Service* (QoS) pada jaringan. Proses dimulai dengan identifikasi masalah dan penentuan tujuan penelitian. Setelah itu, dilakukan studi literatur dan pengumpulan data sebagai dasar untuk analisis topologi jaringan dan inisialisasi router. Tahap berikutnya melibatkan konfigurasi algoritma *queue type* (PCQ, RED, SFQ, FIFO) pada router, diikuti oleh simulasi pengujian QoS. Hasil pengujian kemudian dianalisis, dan penelitian diselesaikan dengan penarikan kesimpulan.

2.1 Identifikasi masalah

Tahapan pertama penelitian ini bertujuan untuk analisa jaringan nirkabel, terkait peningkatan kualitas layanan (QoS) pada jaringan nirkabel di Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Peneliti akan menggunakan router Mikrotik dalam proses penelitian. Berbagai *queue type*, seperti SFQ, RED, FIFO dan PCQ, akan diuji dan dikomparasi untuk menentukan algoritma yang paling efektif dalam meningkatkan QoS.

2.2 Pengumpulan data

Tahapan kedua penelitian ini bertujuan untuk mengumpulkan data yang diperlukan melalui dua metode utama. Pertama, peneliti akan melakukan studi literatur untuk memahami konsep dan teori yang relevan dengan jaringan nirkabel. Kedua, observasi lapangan akan dilakukan secara langsung pada jaringan nirkabel

di Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh, untuk mendapatkan data empiris yang lebih spesifik dan kontekstual.

a. Studi litelatur

Pada tahap ini, peneliti melakukan kajian teoritis dan tinjauan pustaka terkait dengan konsep jaringan nirkabel, algoritma *queue type* (SFQ, RED, dan PCQ), serta teknik pengukuran dan analisis kualitas layanan. Peneliti mempelajari penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik ini untuk memahami *state-of-the-art* dan mengidentifikasi *gap* yang akan diisi oleh penelitian ini. Selain itu, peneliti juga mengkaji literatur tentang faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja *Quality of Service* (QoS) pada jaringan nirkabel Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh.

b. Observasi

Tahap observasi dilakukan untuk memperoleh data yang diperlukan dalam penelitian ini. Peneliti akan melakukan pengukuran kinerja jaringan nirkabel di Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Proses ini bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin ada serta memastikan kualitas jaringan yang optimal bagi pengguna.

Tahapan observasi melibatkan pencatatan informasi tambahan terkait jaringan, seperti pengguna, jenis perangkat, dan kondisi lingkungan. Data ini membantu memahami faktor yang mempengaruhi kualitas layanan jaringan nirkabel. Observasi menyeluruh memungkinkan identifikasi variabel yang mempengaruhi performa pada jaringan.

2.3 Topologi Analisis

Tahapan ketiga penelitian ini bertujuan merancang topologi jaringan nirkabel untuk pengujian *Quality of Service* (QoS). Topologi yang dirancang akan menjadi dasar dalam mengukur kinerja jaringan secara menyeluruh. Hasil dari tahap ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan yang diujicoba.

Pengujian mempertimbangkan jenis perangkat, jumlah pengguna, dan *bandwidth* di Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Kondisi lingkungan yang mempengaruhi kinerja jaringan juga menjadi perhatian. Topologi jaringan dirancang agar mencerminkan skenario penggunaan nirkabel yang realistis. Dengan pendekatan ini, hasil pengujian diharapkan memberikan gambaran akurat tentang performa jaringan dalam kondisi sebenarnya.

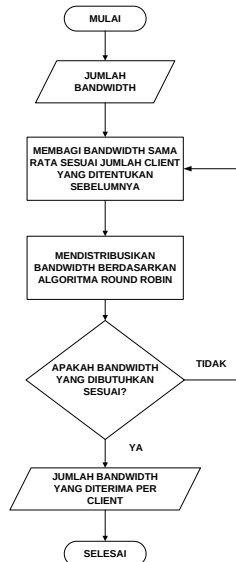
2.4 Inilisasi router

Tahapan keempat penelitian ini berfokus pada konfigurasi router Mikrotik sesuai dengan topologi yang telah dirancang. Peneliti akan melakukan konfigurasi untuk setiap algoritma *queue type*, yaitu *Stochastic Fairness Queue* (SFQ), *Random Early Drop* (RED), dan *First In First Out* (PCQ). Konfigurasi ini

harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap pengujian *Quality of Service* (QoS).

a. Stochastic Fairness Queue (SFQ)

Stochastic Fairness Queue (SFQ) memastikan paket yang dapat masuk dengan membaginya menggunakan algoritma *round robin*. Sebuah trafik dapat diidentifikasi secara unik dengan 4 cara yaitu src-address, dst address, src port, dst-port. Parameter inilah yang digunakan oleh algoritma hashing SFQ untuk mengelompokkan paket ke salah satu dari 1024 substream [10]. Berikut adalah diagram algoritma dari metode SFQ tersaji pada Gambar 2.



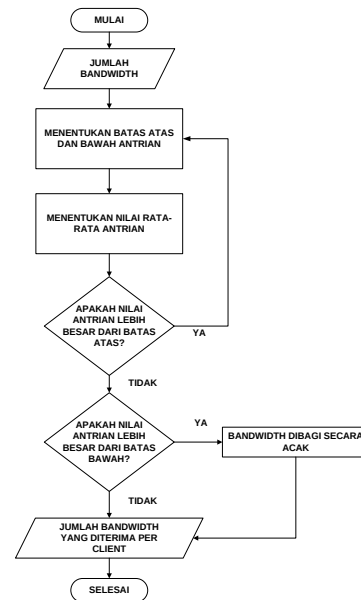
Gambar 2. Diagram Queue Type SFQ

Diagram alir pada Gambar 2 ini menggambarkan proses pengaturan dan distribusi *bandwidth* dalam suatu jaringan. Pertama, jumlah *bandwidth* yang tersedia dihitung, kemudian *bandwidth* tersebut dibagi rata sesuai dengan jumlah client yang telah ditentukan. Distribusi *bandwidth* dilakukan menggunakan algoritma *Round Robin*, dan proses ini akan memastikan bahwa setiap client menerima jumlah *bandwidth* yang sesuai dengan kebutuhan mereka sebelum proses selesai.

b. Random Early Drop (RED)

Random Early Drop (RED) adalah mekanisme antrian yang mencoba untuk menghindari kemacetan jaringan dengan mengontrol nilai rata-rata antrian. Nilai rata-rata antrian (*avgq*) dibandingkan dengan dua batas yaitu batas bawah (*minth*) dan batas atas (*maxth*). Jika rata-rata antrian kurang dari batas minimum, tidak akan ada paket yang ditolak. Ketika rata-rata antrian lebih besar dari batas maksimum, semua paket yang masuk akan ditolak. Tetapi ketika rata-rata antrian antara batas minimum dan maximum paket akan diacak kemudian

ditentukan nilai Probabilitasnya (P_d). [10]. Berikut adalah diagram algoritma dari metode RED dapat dilihat pada Gambar 3.

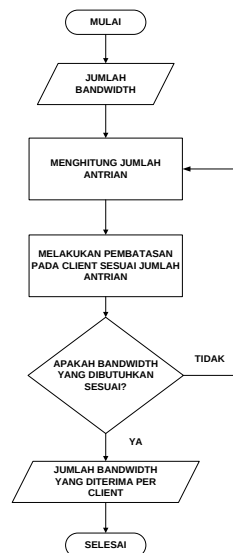


Gambar 3. Diagram Queue Type RED

Diagram alir pada Gambar 3 menggambarkan proses pengaturan dan distribusi *bandwidth* secara efisien. Proses dimulai dengan menentukan jumlah *bandwidth* yang tersedia, kemudian sistem menetapkan batas atas dan bawah dari antrian untuk mengontrol distribusi *bandwidth*. Setelah itu, nilai rata-rata dari antrian dihitung dan dibandingkan dengan batas-batas yang telah ditentukan. Jika nilai antrian melebihi batas atas atau di bawah batas bawah, sistem akan mendistribusikan *bandwidth* secara acak untuk menyeimbangkan beban. Pada akhirnya, jumlah *bandwidth* yang diterima oleh setiap klien dihitung, sehingga setiap pengguna mendapatkan alokasi yang sesuai sebelum proses berakhir.

c. Per Connection Queue (PCQ)

Algoritma *Per Connection Queue* (PCQ) berfungsi untuk mengelola dan membatasi *bandwidth* yang digunakan oleh setiap koneksi secara adil dan efisien. Setelah melakukan pengelompokkan substream, PCQ menetapkan besaran antrian untuk setiap substream, memastikan bahwa setiap koneksi menerima alokasi *bandwidth* yang sesuai. Hal ini dilakukan untuk mencegah satu koneksi mengambil terlalu banyak *bandwidth*, sehingga menjaga kualitas layanan bagi semua pengguna. Diagram alir dari metode PCQ, yang menggambarkan proses ini secara lebih rinci, disajikan pada Gambar 4.

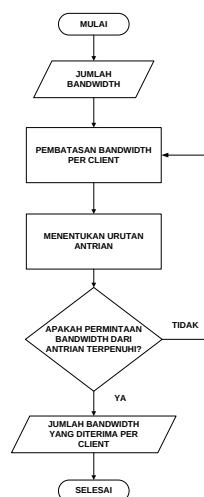


Gambar 4. Diagram Queue Type PCQ

Diagram alir pada Gambar 4 menggambarkan proses manajemen distribusi *bandwidth* berdasarkan jumlah antrian. Proses dimulai dengan menentukan jumlah total *bandwidth* yang tersedia, kemudian sistem menghitung jumlah antrian untuk menentukan bagaimana *bandwidth* harus dialokasikan. Setelah menghitung, sistem melakukan pembatasan *bandwidth* pada masing-masing klien sesuai dengan jumlah antrian. Kemudian, sistem memverifikasi apakah *bandwidth* yang diberikan sudah sesuai dengan kebutuhan masing-masing klien. Jika sudah sesuai, proses berakhir dengan menentukan jumlah *bandwidth* yang diterima oleh setiap klien.

d. First In First Out (FIFO)

Metode antrian FIFO adalah paket data yang pertama datang akan diproses terlebih dahulu dan dimasukkan ke dalam antrian, kemudian dikeluarkan sesuai dengan urutan kedatangannya [10]. Berikut adalah diagram algoritma dari metode FIFO disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Queue Type FIFO

Diagram alir pada Gambar 5 menggambarkan proses

distribusi *bandwidth* kepada klien. Proses dimulai dengan menentukan jumlah *bandwidth* yang tersedia, kemudian dilanjutkan dengan pembatasan *bandwidth* per klien untuk mengelola alokasi yang adil. Selanjutnya, diagram mengilustrasikan bagaimana urutan antrian klien ditentukan dan apakah permintaan *bandwidth* dari setiap klien dalam antrian dapat dipenuhi, sebelum akhirnya menentukan jumlah *bandwidth* yang diterima oleh setiap klien dan mengakhiri proses.

2.5 Simulasi pengujian QoS

Tahapan kelima penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas jaringan nirkabel dengan masing-masing algoritma *queue type* pada router Mikrotik. Peneliti akan melakukan pengukuran terhadap empat parameter utama. Selanjutnya, hasil pengukuran ini akan dibandingkan dengan standar kualitas jaringan TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks).

a. Throughput

Throughput merupakan kecepatan (*rate*) transfer data efektif. Perhitungan *throughput* didapat dari jumlah total paket data yang datang dan sukses diamati dalam interval waktu tertentu yang selanjutnya dibagi dengan durasi interval waktu. Tabel 1 menunjukkan kategori *throughput* yang diterapkan di dalam penelitian ini:

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori <i>Throughput</i>	<i>Throughput</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	<25	1

(Sumber: TIPHON)

Tabel 1 menunjukkan kategori *throughput* menurut standar TIPHON. *Throughput* diklasifikasikan ke dalam empat kategori: Sangat Bagus, Bagus, Sedang, dan Jelek. Masing-masing kategori ini memiliki nilai *throughput* dalam persentase dan diberi indeks tertentu untuk memudahkan penilaian performa. Kategori *throughput* menurut standar TIPHON dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \quad (1)$$

Persamaan *throughput* menggambarkan seberapa cepat data dapat diproses atau ditransmisikan dalam jaringan. *Throughput* adalah ukuran kinerja yang sering digunakan dalam jaringan komputer dan sistem komunikasi untuk mengevaluasi efisiensi transfer data. Semakin tinggi nilai *throughput*, semakin banyak data yang bisa diterima atau dikirim dalam satuan waktu tertentu, yang menandakan performa yang lebih baik dari sistem tersebut.

b. *Packet Loss*

Packet Loss adalah parameter yang digunakan untuk menggambarkan situasi yang mewakili jumlah total paket yang hilang yang mungkin terjadi karena *collision* (tabrakan) dan *congestion* (kemacetan) di jaringan. Indeks *Packet Loss* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori *Packet Loss*

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

(Sumber: TIPHON)

Tabel 2 menunjukkan kategori *packet loss* menurut standar TIPHON, yang dibagi menjadi empat kategori: Sangat Bagus, Bagus, Sedang, dan Jelek. Setiap kategori dikaitkan dengan persentase *packet loss* tertentu dan diberikan indeks untuk menilai kualitas layanan jaringan. Kategori *packet loss* menurut standar TIPHON dapat dihitung menggunakan Persamaan 2

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima})}{\text{Paket data dikirim}} \times 100\% \quad (2)$$

Persamaan *packet loss* digunakan untuk menghitung persentase paket data yang hilang selama transmisi dalam sebuah jaringan. Mengetahui seberapa efisien data dikirim dan diterima dalam suatu sistem komunikasi. Nilai *packet loss* yang tinggi menunjukkan adanya masalah pada jaringan, seperti gangguan atau kerusakan, yang dapat mengurangi kualitas layanan, terutama dalam aplikasi yang sensitif

c. *Delay*

Delay adalah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan mengirim paket data dari satu komputer ke komputer lainnya. Keterlambatan proses pengiriman paket data di jaringan komputer dapat disebabkan oleh antrian yang panjang atau penggunaan rute lain untuk menghindari kemacetan rute. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kemacetan, atau waktu pemrosesan yang lama. Indeks *Delay* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori *Delay*

Kategori <i>Delay</i>	<i>Delay</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	< 100 ms	4
Bagus	150 - 300 ms	3
Sedang	300 – 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

(Sumber: TIPHON)

Tabel 3 menunjukkan kategori *delay* berdasarkan standar TIPHON, yang dibagi menjadi empat kategori: Sangat Bagus, Bagus, Sedang, dan Jelek. Setiap kategori ditentukan berdasarkan rentang waktu *delay* dalam

milidetik (ms), dengan indeks tertentu untuk memudahkan penilaian performa jaringan. Kategori *jitter* menurut standar TIPHON dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Delay rata - rata} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \quad (3)$$

Persamaan delay digunakan untuk menghitung rata-rata keterlambatan dalam sistem jaringan. Total Delay merujuk pada jumlah keseluruhan waktu keterlambatan yang dialami oleh semua paket data selama transmisi. Dengan membagi total delay dengan jumlah paket yang diterima, kita mendapatkan rata-rata delay per paket, yang memberikan gambaran umum tentang performa jaringan dalam hal kecepatan transmisi data.

d. *Jitter*

Jitter merupakan variasi atau fluktuasi dalam waktu tunda (*latency*) yang terjadi pada paket-paket data yang dikirim melalui suatu jaringan komunikasi. *Jitter* dapat didefinisikan sebagai perubahan atau variasi dalam panjang interval waktu antara paket-paket data yang diterima secara berurutan. Semakin besar fluktuasi atau perubahan ini, semakin besar pula nilai jitternya. Indeks *Jitter* disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kategori *Jitter*

Kategori <i>Jitter</i>	<i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 - 75 ms	3
Sedang	75 - 125 ms	2
Jelek	125 - 225 ms	1

(Sumber: TIPHON)

Tabel 4 menunjukkan kategori *jitter* berdasarkan standar TIPHON dan nilai *jitter* yang sesuai untuk setiap kategori. *Jitter* adalah variasi dalam waktu kedatangan paket data yang dapat mempengaruhi kualitas komunikasi jaringan. Kategori jitter ini dibagi menjadi empat kelompok berdasarkan rentang nilai *jitter* dalam milidetik, mulai dari "Sangat Bagus" hingga "Jelek". Kategori *jitter* menurut standar TIPHON dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasidelay}}{\text{Total packet yang diterima}} \quad (4)$$

Persamaan digunakan untuk mengukur variasi dalam waktu kedatangan paket data di jaringan. "Total variasi *delay*" mencerminkan selisih waktu antara keterlambatan paket data yang berbeda, yang menunjukkan seberapa konsisten atau tidak konsistennya waktu kedatangan paket tersebut. Dengan membagi variasi delay ini dengan jumlah paket yang diterima, kita mendapatkan rata-rata variasi delay per paket, yang membantu menilai kestabilan koneksi

jaringan dan potensi dampaknya terhadap kualitas jaringan.

2.6 Hasil pengujian

Tahapan keenam penelitian ini adalah membandingkan hasil pengukuran dengan standar QoS dengan Indeks Parameter THIPON yang didapatkan nilai hasil perhitungan dengan parameter QoS menggunakan aplikasi *wireshark* pada pengukuran masing-masing algoritma *queue type Stochastic Fairness Queue* (SFQ), *Random Early Drop* (RED), *First In First Out* (PCQ) terhadap trafik *upload* dan *download*. Tabel 5 menunjukkan indeks Parameter QoS yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Indeks Parameter QoS

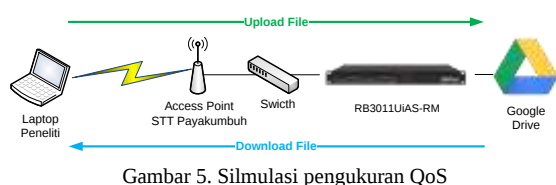
Nilai	Persentase	Indeks
3.8 - 4	100 %	Sangat Bagus
3 - 3,79	75 - 94,75 %	Bagus
2 - 2,99	50 - 74,75 %	Sedang
1 - 1,99	25 - 49,75 %	Jelek

(Sumber: TIPHON)

Tabel 5 menunjukkan indeks parameter *Quality of Service* (QoS) berdasarkan nilai dan persentase kinerja, sesuai dengan standar TIPHON. Indeks ini digunakan untuk mengevaluasi kualitas layanan jaringan dengan memberikan kategori yang berbeda mulai dari "Sangat Bagus" hingga "Jelek" berdasarkan rentang nilai yang ditetapkan. Nilai QoS yang lebih tinggi menunjukkan kinerja yang lebih baik dan persentase yang lebih tinggi, sedangkan nilai yang lebih rendah menunjukkan kinerja yang lebih buruk dan persentase yang lebih rendah.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini adalah berupa table dan diagram pada pengukuran kinerja *Quality of Service* (QoS) dengan parameter *throughput*, *delay*, *packet loss*, dan *jitter* pada jaringan nirkabel menggunakan aplikasi *wireshark* dengan melakukan silmulasi *upload* dan *download* file berukuran 100 MB ke dan dari Google Drive. Pengujian dilakukan di ruang kelas STT Payakumbuh menggunakan akun hotspot Mahasiswa STT Payakumbuh dengan *Bandwidth* 10 Mbps *Upload* dan 10 Mbps *Download*. Metode Pengukuran mengimplementasikan algoritma antrian secara terpisah, *queue type Stochastic Fairness Queue* (SFQ), *Random Early Drop* (RED), *First In First Out* (PCQ) dan *First In First Out* (FIFO) yang dikonfigurasi pada router mikrotik. Berikut silmuasi pengukuran QoS, ditunjukan pada gambar 5.



Gambar 5. Silmulasi pengukuran QoS

Gambar 5, menunjukkan alur proses pengiriman (*upload*) file antara perangkat peneliti (laptop) ke layanan penyimpanan Google Drive. File dikirim melalui perangkat jaringan nirkabel ke server penyimpanan Google Drive. Pada proses unduh (*download*), file dari server Google Drive dikirim kembali ke laptop peneliti melalui jalur jaringan yang sama.

3.1 Pengujian QoS *queue type FIFO*

Pengukuran dan pengujian *Quality of Service queue type FIFO upload dan download* dilakukan masing-masing sebanyak 4 (empat) kali percobaan pada jaringan *hotspot* STT Payakumbuh. Pengukuran menggunakan aplikasi *wireshark* sesuai dengan skenario pengujian. Untuk hasil pengukuran *queue type FIFO* dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Pengukuran QoS *queue type FIFO Upload*

Pengukuran	FIFO Upload			
	<i>Throughput</i> (%)	<i>Packet Loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)
1	90.86%	0.00%	0.852	0.845
2	86.17%	0.00%	0.899	0.899
3	95.36%	0.00%	0.812	0.811
4	95.49%	0.00%	0.813	0.815
Avg	91.97%	0.00%	0.844	0.843
Kategori	Bagus	Sangat Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 6 menunjukkan hasil pengukuran *Quality of Service* (QoS) untuk antrian tipe FIFO pada proses *upload*. Berdasarkan data, *throughput* rata-rata mencapai 91,97%, yang dikategorikan sebagai "Bagus.". Selain itu, tidak ada *packet loss* yang terjadi (0.00%), dikategorikan sebagai "Sangat Bagus." Nilai rata-rata *delay* dan *jitter* yang rendah, masing-masing 0.844 ms dan 0.843 ms, juga masuk dalam kategori "Sangat Bagus".

Tabel 7. Pengukuran QoS *queue type FIFO Download*

Pengukuran	FIFO Download			
	<i>Throughput</i> (%)	<i>Packet Loss</i> (%)	<i>Delay</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)
1	93.07%	0.00%	0.926	0.929
2	90.92%	0.00%	0.946	0.948
3	90.87%	0.00%	0.947	0.947
4	89.97%	0.00%	0.955	0.956
Avg	91.21%	0.00%	0.944	0.945
Kategori	Bagus	Sangat Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 7 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type FIFO Download* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Nilai rata-rata *throughput* sebesar 91.21% menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diterima dengan baik, yang masuk dalam kategori "Bagus". Rata-rata *Packet*

loss 0.00%, dikategorikan sebagai "Sangat Bagus". *Delay* dan *Jitter* memiliki nilai rata-rata yang rendah, masing-masing 0.944 ms dan 0.945 ms, yang juga dikategorikan sebagai "Sangat Bagus" dan "Bagus".

3.2 Pengujian QoS queue type SFQ

Pengukuran dan pengujian *Quality of Service queue type SFQ upload dan download* dilakukan masing-masing sebanyak 4 (empat) kali percobaan pada jaringan *hotspot* STT Payakumbuh. Pengukuran menggunakan aplikasi *wireshark* sesuai dengan skenario pengujian. Untuk hasil pengukuran *queue type SFQ* dapat dilihat pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel 8. Hasil QoS queue type SFQ Upload

Pengukuran	SFQ Upload			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	98.01%	0.02%	0.792	0.791
2	97.94%	0.01%	0.792	0.792
3	97.33%	0.02%	0.799	0.799
4	96.84%	0.01%	0.799	0.800
Avg	97.53%	0.01%	0.796	0.796
Kategori	Bagus	Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 8 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type SFQ Upload* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Rata-rata *throughput* sebesar 97.53% menunjukkan bahwa hampir seluruh data berhasil dikirimkan dengan efisiensi tinggi, yang dikategorikan sebagai "Bagus". *Packet loss* rata-rata sebesar 0.01% menunjukkan bahwa sangat sedikit data yang hilang selama proses transmisi, juga dalam kategori "Bagus". Dengan *Delay* dan *Jitter* rata-rata masing-masing 0.796 ms, keduanya masuk dalam kategori "Sangat Bagus" dan "Bagus".

Tabel 9. Pengukuran QoS queue type SFQ Download

Pengukuran	SFQ Download			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	89.93%	0.00%	0.978	0.977
2	89.66%	0.00%	0.977	0.977
3	88.80%	0.00%	0.983	0.984
4	90.28%	0.01%	0.962	0.962
Avg	89.67%	0.00%	0.975	0.975
Kategori	Bagus	Sangat Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 9 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type SFQ Download* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Nilai rata-rata *throughput* sebesar 89.67% menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil dikirimkan, dan ini dikategorikan sebagai "Bagus". *Packet loss* rata-rata

sebesar 0.00% dikategorikan sebagai "Sangat Bagus". *Delay* dan *jitter* rata-rata masing-masing 0.975 ms menunjukkan bahwa jaringan ini cukup cepat dan stabil, dengan keduanya masuk dalam kategori "Sangat Bagus" dan "Bagus".

3.3 Pengujian QoS queue type RED

Pengukuran dan pengujian *Quality of Service queue type RED upload dan download* dilakukan masing-masing sebanyak 4 (empat) kali percobaan pada jaringan *hotspot* STT Payakumbuh. Pengukuran menggunakan aplikasi *wireshark* sesuai dengan skenario pengujian. Untuk hasil pengukuran *queue type RED* dapat dilihat pada tabel 10 dan tabel 11.

Tabel 10. Hasil QoS queue type RED Upload

Pengukuran	RED Upload			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	89.25%	0.01%	0.863	0.863
2	99.45%	0.01%	0.775	0.798
3	98.86%	0.01%	0.782	0.775
4	97.19%	0.00%	0.797	0.782
Avg	96.19%	0.01%	0.804	0.805
Kategori	Bagus	Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 10 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type RED Upload* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Rata-rata *throughput* sebesar 96.19% menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil dikirimkan dengan baik, yang masuk dalam kategori "Bagus". *Packet loss* rata-rata sebesar 0.01%, juga dikategorikan sebagai "Bagus". *Delay* dan *jitter* rata-rata masing-masing 0.804 ms dan 0.805 ms, keduanya berada dalam kategori "Sangat Bagus" dan "Bagus".

Tabel 11. Hasil QoS queue type RED Download

Pengukuran	RED Download			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	84.79%	0.05%	0.989	0.989
2	90.74%	0.06%	0.917	0.917
3	90.16%	0.06%	0.917	0.918
4	89.38%	0.07%	0.927	0.927
Avg	88.77%	0.06%	0.937	0.938
Kategori	Bagus	Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 11 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type RED Download* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Rata-rata *throughput* sebesar 88.77% menunjukkan efisiensi pengiriman data yang tergolong "Bagus", meskipun sedikit lebih rendah dibandingkan beberapa metode

lainnya. *Packet loss* rata-rata sebesar 0.06% masih dalam kategori "Bagus". *Delay* dan *jitter* dengan nilai rata-rata masing-masing 0.937 ms dan 0.938 ms dikategorikan sebagai "Sangat Bagus" dan "Bagus",

3.4 Pengujian QoS queue type PCQ

Pengukuran dan pengujian *Quality of Service queue type PCQ upload dan download* dilakukan masing-masing sebanyak 4 (empat) kali percobaan pada jaringan *hotspot* STT Payakumbuh. Pengukuran menggunakan aplikasi *wireshark* sesuai dengan skenario pengujian. Untuk hasil pengukuran *queue type PCQ* dapat dilihat pada tabel 12 dan tabel 13

Tabel 12. Hasil QoS queue type PCQ Upload

Pengukuran	PCQ Upload			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	88.84%	0.01%	0.863	0.864
2	96.23%	0.01%	0.802	0.806
3	95.19%	0.00%	0.813	0.814
4	91.59%	0.01%	0.844	0.844
Avg	92.96%	0.01%	0.831	0.832
Kategori	Bagus	Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 12 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *queue type PCQ Upload* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Nilai rata-rata *throughput* sebesar 92.96%, masuk dalam kategori "Bagus". *Packet loss* rata-rata sebesar 0.01% menunjukkan bahwa hampir tidak ada data yang hilang selama proses pengunggahan, dikategorikan sebagai "Bagus". **Delay** dan **jitter** dengan nilai rata-rata masing-masing 0.831 ms dan 0.832 ms menunjukkan jaringan yang cepat dan stabil, dengan kedua parameter tersebut dikategorikan sebagai "Sangat Bagus" dan "Bagus".

Tabel 13. Hasil QoS queue type PCQ Download

Pengukuran	PCQ Download			
	<i>Throughput (%)</i>	<i>Packet Loss (%)</i>	<i>Delay (ms)</i>	<i>Jitter (ms)</i>
1	86.26%	0.03%	0.974	0.974
2	92.07%	0.04%	0.914	0.909
3	93.12%	0.05%	0.925	0.926
4	88.62%	0.04%	0.962	0.962
Avg	90.02%	0.04%	0.944	0.943
Kategori	Bagus	Bagus	Sangat Bagus	Bagus

Tabel 13 di atas menunjukkan hasil pengukuran kinerja *PCQ Download* dengan empat parameter utama: *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Rata-rata *throughput* sebesar 90.02% menunjukkan kinerja jaringan yang cukup baik dalam hal efisiensi pengiriman data, yang masuk dalam kategori "Bagus". *Packet loss*

rata-rata sebesar 0.04% juga dikategorikan sebagai "Bagus". *Delay* dan *Jitter* dengan nilai rata-rata masing-masing 0.944 ms dan 0.943 ms menunjukkan kedua parameter tersebut dikategorikan sebagai "Sangat Bagus" dan "Bagus".

Berikut pada tabel 14 dan 15 adalah komparasi perbandingan pengujian *Quality of Service (QoS)* pada trafik *upload dan download* pada jaringan nirkabel Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh. Pengujian dengan mengimplementasikan algoritma *queue* antrian secara terpisah. Konfigurasi dilakukan pada *router* mikrotik dengan *queue type Stochastic Fairness Queue (SFQ)*, *Random Early Drop (RED)*, *First In First Out (PCQ)* dan *First In First Out (FIFO)*

Tabel 14. Komparasi QoS trafik Upload

Parameter	Upload			
	<i>FIFO</i>	<i>SFQ</i>	<i>RED</i>	<i>PCQ</i>
<i>Throughput (%)</i>	91.97%	97.53%	96.19%	92.96%
<i>Packet Loss (%)</i>	0.00%	0.01%	0.01%	0.01%
<i>Delay (ms)</i>	0.844	0.796	0.804	0.831
<i>Jitter (ms)</i>	0.843	0.796	0.805	0.832

Tabel 14 di atas merangkum komparasi QoS dari empat jenis antrean *queue types* untuk trafik *upload*. *SFQ* menunjukkan kinerja terbaik dengan *throughput* tertinggi sebesar 97.53% dan nilai *delay* serta *jitter* yang paling rendah. *FIFO* memiliki *packet loss* sangat bagus sebesar 0.00%, namun *throughput* lebih rendah dibandingkan dengan jenis antrean lainnya, yaitu 91.97%. Secara keseluruhan, semua tipe antrean memiliki performa yang baik dengan *packet loss* yang sangat rendah dan *delay* serta *jitter* yang relatif kecil.

Tabel 15. Komparasi QoS trafik Download

Parameter	Download			
	<i>FIFO</i>	<i>SFQ</i>	<i>RED</i>	<i>PCQ</i>
<i>Throughput (%)</i>	91.21%	89.67%	88.77%	90.02%
<i>Packet Loss (%)</i>	0.00%	0.00%	0.06%	0.04%
<i>Delay (ms)</i>	0.944	0.975	0.937	0.944
<i>Jitter (ms)</i>	0.945	0.975	0.921	0.943

Tabel 15 di atas merangkum hasil komparasi QoS dari empat jenis antrean untuk trafik *Download*. *FIFO* memiliki *throughput* tertinggi sebesar 91.21% dengan *packet loss* 0.00%, menunjukkan kinerja yang efisien. Semua antrean memiliki *delay* dan *jitter* yang rendah, dengan *queue types* *RED* memiliki *jitter* terendah sebesar 0.921 ms. Memisahkan pengujian upload dan download memungkinkan analisis yang lebih mendalam untuk kinerja jaringan dalam kedua arah. Hal ini penting karena kecepatan dan stabilitas upload dan download bisa berbeda. Perbedaan tersebut tergantung pada konfigurasi jaringan, jenis trafik, dan kondisi jaringan.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis dan komparasi terhadap layanan jaringan internet nirkabel Sekolah Tinggi Teknologi Payakumbuh dapat disimpulkan bahwa metode *SFQ* menunjukkan peningkatan kinerja sebesar 6% dalam *throughput upload*, dengan penurunan *delay* dan *jitter* masing-masing sebesar 5.7% dan 5.6% dibandingkan *FIFO* yang merupakan konfigurasi *default* awal mikrotik sebelum dilakukan pengujian. Sementara itu, metode *FIFO* unggul dalam mengurangi *packet loss* dan meningkatkan *throughput download* sebesar 1.7% dibandingkan metode lainnya. Metode *RED*, meskipun memperlihatkan beberapa peningkatan pada *delay* dan *jitter download*, memiliki *trade-off* berupa peningkatan *packet loss* sebesar 0.06% pada sisi *download* dibandingkan *FIFO* dan *SFQ*. *RED* memberikan performa yang seimbang dengan tingkat *packet loss* yang sangat rendah, dan *PCQ* bisa dipertimbangkan jika *throughput* menjadi prioritas, meskipun dengan sedikit kompromi pada *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Secara keseluruhan *SFQ* menawarkan kinerja yang *packet loss* lebih seimbang dan andal. Pemilihan metode manajemen antrian (*queuing*) perlu disesuaikan dengan kebutuhan spesifik dari jaringan atau aplikasi yang digunakan, apakah mengutamakan *throughput*, rendahnya *packet loss*, atau stabilitas *delay* dan *jitter*. Penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi dan membandingkan performa *queue types Common Applications Kept Enhanced (CAKE)* dan *Flow Queue Controlled Delay (FQ-CoDel)* pada router mikrotik OS V.7 dalam manajemen jaringan nirkabel.

Daftar Rujukan

- [1] Mahmud, M., & Aprizal, Y. (2022). The Penerapan QoS (Quality Of Service) Dalam Menganalisis Kualitas Kinerja Jaringan Komputer (Studi Kasus Hotel Maxone Palembang). *Journal of Information System Research (JOSH)*, 3(4), 374-379.
- [2] Bumi, P., Semarang, A., Khafif, F., Nuswantoro, D., Imam, J., 207, B. N., Kidul, P., Semarang Tengah, K., Semarang, K., & Tengah, J. (2021). PENINGKATAN PELAYANAN INTERNET MENGGUNAKAN MIKROTIK DAN SOFTWARE WINBOX DI PTIPD UIN WALISONGO SEMARANG. In *National Seminar on Maritime and Interdisciplinary Studies (Vol. 3, Issue 1)*.
- [3] Firmansyah, D., Efendi, D. M., & Verawati. (2021). Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Dengan Metode Simple Queue Pada PT. Bintang Kharisma Jaya 2 Gisting. *Jurnal Informatika Software Dan Network*, 02(02), 27-38
- [4] Simpony, B. K. (2021). Simple Queue Untuk Manajemen User dan Bandwidth di Jaringan Hotspot Menggunakan Mikrotik. *Jurnal Informatika*, 8(1), 87-92.
- [5] Kusbandono, H. ., Lestariningsih, T. ., & Ismar, M. R. (2023). Analysis of First In First Out (FIFO) Bandwidth Packet Queuing Technique with Random Early Detec-tion (RED) on WLAN (Wireless LAN). *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(8), 3335-3344.
- [6] Pratama, R., Irawan, J. D., Orisa, M., & Industri, F. T. (2022). Analisis Quality of Service Sistem Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Laboratorium Teknik In-formatika Itn Malang. 6(1), 196-204.
- [7] Wijaya, A., Abdullah, A., Windriyani, E., Samaeni, F. C. ., Romdhan, M. Y. ., Ar-diansah, R., & Thoyyibah. (2024). Implementasi Quality of Service (QoS) meng-gunakan Wireshark pada Jaringan Wireless LAN. *Digital Transformation Tech-nology*, 4(1), 296-303. <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i1.4030>
- [8] Viona Auro Islamianda, Dery Dinata, & Muhammad Taufiq Sumadi. (2023). PENE-RAPAN METODE QUALITY OF SERVICE (QOS) UNTUK MENGUKUR KINERJA JARINGAN NIRKABEL PADA TVRI KALIMANTAN TIMUR. *Jurnal Gembira: Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(06), 1722-1736. Re-trieved from <https://gembirapkm.my.id/index.php/jurnal/article/view/323>
- [9] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TI-PHON); General Aspect of Quality of Service," ETSI, Valbonne, 1998.
- [10] Pratama, Tommy, M. Azhar Irwansyah, and Yulianti Yulianti. "Perbandingan Metode PCQ, SFQ, Red dan FIFO pada Mikrotik sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura." *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)* 3.3 298-303.
- [11] Simpony, B. K. (2021). Simple Queue Untuk Manajemen User dan Bandwidth di Jaringan Hotspot Menggunakan Mikrotik. *Jurnal Informatika*, 8(1), 87-92.
- [12] Pratama, A. B., & Widiasari, I. R. (2023). Implementasi Algoritma Random Early Detection (RED) untuk Optimalisasi Kualitas Layanan pada Jaringan Nirkabel Mikrotik. *Jurnal Teknologi Elektro dan Informatika*, 12(1), 67-74
- [13] Wijaya, A., Abdullah, A., Windriyani, E., Samaeni, F. C. ., Romdhan, M. Y. ., Ar-diansah, R., & Thoyyibah. (2024). Implementasi Quality of Service (QoS) meng-gunakan Wireshark pada Jaringan Wireless LAN. *Digital Transformation Tech-nology*, 4(1), 296-303. <https://doi.org/10.47709/digitech.v4i1.4030>
- [14] Kurniawan, I., Putra, D. E., & Syaputra, A. E. (2023). Perancangan Jaringan Hotspot Di Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat Menggunakan Mikrotik Dalam Manajemen Bandwidth. *Jurnal TEFSIN (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 1(1), 19-24.
- [15] Alnur, B., Amillia, F., & Sutoyo, S. (2023). Performance Analysis of 10 Mbps Wireless Iconnet in Perumahan Bumi Mi'raj. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 7(1), 102-111.
- [16] Ramayanti, D. (2024). ANALISIS DAN PENINGKATAN KUALITAS LAYANAN PADA JARINGAN KOMPUTER NIRKABEL BADAN PENGHUBUNG LAMPUNG DALAM MENDUKUNG TUGAS PEMERINTAHAN: Bahasa Indonesia. *JSAI (Journal Scientific and Applied Informatics)*, 7(1), 1-13.