

Analisis *Quality of Service* dengan Metode *Peer Connection Queue* untuk *Management Bandwidth* pada Jaringan *Point to Point Protocol Over Ethernet*

Sitronella Nurfitriani Hasim¹, Misfa Susanto², Aji Widiatmoko³, Novalia Pertiwi⁴, Muhammad Rizky Hikmatullah⁵,
Aji Pamungkas Tri Nurcahyo⁶, Anggrit Dewangkara Yudha Pinangkis⁷

Program Studi Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan
Jalan Terusan Ryacudu, Desa Way Hui, Kecamatan Jatiagung, Lampung Selatan 35365

Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jalan Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹sitronella.hasim@tt.itera.ac.id

²misfa@eng.unila.ac.id

³ajiwidiatmoko3@gmail.com

⁴novalia.pertiwi@tt.itera.ac.id

⁵muhammad.hikmatullah@tt.itera.ac.id

⁶aji.nurcahyo@tt.itera.ac.id

⁷anggrit.pinangkis@tt.itera.ac.id

Intisari — *Peningkatan penggunaan internet dalam kegiatan sekolah dan pekerjaan menuntut jaringan yang stabil. Penelitian ini menerapkan manajemen bandwidth dengan metode Peer Connection Queue (PCQ) dan monitoring melalui protokol PPPoE di SMKS AL-HUDA Jati Agung. Hasil pengukuran QoS menunjukkan peningkatan signifikan pada throughput. Sebelum penerapan PCQ, throughput rata-rata saat mengunduh hanya 20% (indeks '1'), meningkat menjadi 96% (indeks '4') setelah penerapan metode PCQ. Pada streaming, throughput meningkat dari 3% (indeks '1') menjadi 29% (indeks '2'). Hasil ini membuktikan bahwa metode PCQ meningkatkan efisiensi alokasi bandwidth dan kualitas layanan jaringan (QoS) dengan distribusi yang lebih merata sesuai kebutuhan pengguna.*

Kata kunci — *Bandwidth, PCQ, PPPoE, QoS, dan TIPHON*

Abstract — *The increasing use of the internet in school and work activities requires a stable network. This study implements bandwidth management using the Peer Connection Queue (PCQ) method and monitoring through the PPPoE protocol at SMKS AL-HUDA Jati Agung. QoS measurement results show a significant increase in throughput. Before implementing PCQ, the average download throughput was only 20% (index '1'), which increased to 96% (index '4') after applying the PCQ method. In streaming, throughput increased from 3% (index '1') to 29% (index '2'). These results prove that the PCQ method improves bandwidth allocation efficiency and network service quality (QoS) by ensuring a more even distribution according to user needs.*

Keywords— *Bandwidth, PCQ, PPPoE, QoS, and TIPHON*

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi, media komunikasi dan internet berkualitas tinggi menjadi kebutuhan utama yang mendukung berbagai aktivitas, baik dalam ranah bisnis maupun personal. Internet kini telah menjadi bagian integral dalam kehidupan masyarakat, memungkinkan akses terhadap berbagai informasi secara cepat dan luas. Berdasarkan data dari Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna internet di Indonesia mencapai 215,63 juta orang pada tahun 2023 [1]. Perkembangan pesat ini mendorong banyak penyedia layanan internet untuk bermunculan guna memenuhi kebutuhan konektivitas yang semakin meningkat.

Pemanfaatan jaringan internet berperan penting dalam menunjang berbagai aktivitas, seperti proses pembelajaran di institusi pendidikan serta kegiatan profesional di berbagai sektor industri. Dengan meningkatnya kebutuhan internet, dibutuhkan jaringan yang stabil dan berkinerja tinggi [2]. Selain itu, peningkatan jumlah pengguna internet juga berdampak pada kebutuhan infrastruktur yang lebih baik, termasuk pengelolaan *bandwidth* yang optimal agar dapat didistribusikan secara merata sesuai kapasitas yang tersedia serta kebutuhan pengguna.

Manajemen *bandwidth* menjadi faktor krusial dalam pengendalian pemakaian *bandwidth* oleh pengguna. Jika tidak dikelola dengan baik, penggunaan *bandwidth* yang berlebihan oleh beberapa pengguna dapat

menghambat kinerja jaringan secara keseluruhan [2]. Salah satu penyebab utama gangguan dalam distribusi *bandwidth* adalah penggunaan perangkat lunak downloader yang berlebihan, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan alokasi *bandwidth* dan memperlambat akses bagi pengguna lain. Kondisi ini berpotensi menurunkan kualitas layanan jaringan dan menghambat efektivitas penggunaan internet.

Dalam satu dekade terakhir, peningkatan kualitas layanan (*Quality of Service/QoS*) untuk berbagai jenis media berbasis internet telah menjadi perhatian utama. Penyedia layanan internet, institusi pendidikan, dan perusahaan menghadapi tantangan dalam mengelola berbagai jenis layanan jaringan dengan *QoS* yang optimal [3]. Tantangan ini semakin kompleks jika jaringan memiliki alokasi *bandwidth* yang terbatas dan pengelolannya tidak efektif pada sisi router.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas strategi manajemen *bandwidth* untuk meningkatkan kualitas layanan jaringan. Penelitian sebelumnya [4] meneliti tentang perbandingan penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dengan *Per Connection Queue* (PCQ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode HTB lebih baik dalam menangani masalah manajemen *bandwidth* untuk aktivitas *download*, sedangkan metode PCQ lebih baik untuk aktivitas *upload*. Sementara itu, penelitian [5] membahas manajemen *bandwidth* menggunakan metode PCQ menggunakan *Queue Tree*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pengelolaan *bandwidth* dengan metode PCQ menggunakan *Queue Tree* memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan tidak menggunakan PCQ. Dengan menggunakan PCQ, semua pengguna yang terhubung dalam jaringan mendapatkan alokasi *bandwidth* yang sama, sehingga pengguna merasa diperlakukan secara adil.

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengoptimalan pengelolaan *bandwidth* dengan mengimplementasikan metode PCQ dengan fitur *Queue* di SMK Al-Huda Jati Agung. Metode PCQ memungkinkan distribusi *bandwidth* secara merata kepada seluruh pengguna dalam jaringan, sehingga

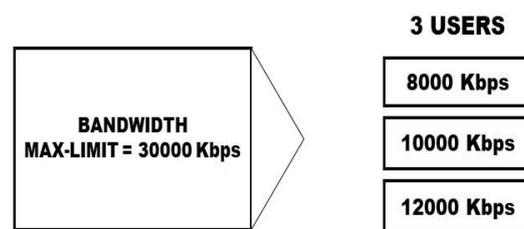
memastikan setiap pengguna mendapatkan akses internet yang stabil dan sesuai dengan kebutuhannya [6]. Dengan menerapkan PCQ, kualitas jaringan dapat ditingkatkan melalui pengaturan alokasi *bandwidth* yang lebih adil dan efisien.

Selain manajemen *bandwidth* yang optimal, aspek keamanan dan keteraturan sistem jaringan juga berperan penting dalam penyediaan layanan internet yang berkualitas. Salah satu solusi yang dapat digunakan adalah protokol *Point-to-Point Protocol over Ethernet* (PPPoE). Protokol ini memungkinkan administrator jaringan untuk mengelola sistem autentikasi pengguna, mengontrol akses layanan, serta melacak penggunaan data. PPPoE juga menyediakan fitur tambahan seperti enkripsi dan kompresi data untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan jaringan.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas layanan jaringan (*QoS*) dengan penerapan metode *Peer Connection Queue* (PCQ) dalam manajemen *bandwidth* pada jaringan berbasis *Point-to-Point Protocol over Ethernet* (PPPoE). Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai efektivitas metode PCQ dalam meningkatkan performa jaringan serta memastikan alokasi *bandwidth* yang lebih merata bagi setiap pengguna.

II. METODE PENELITIAN

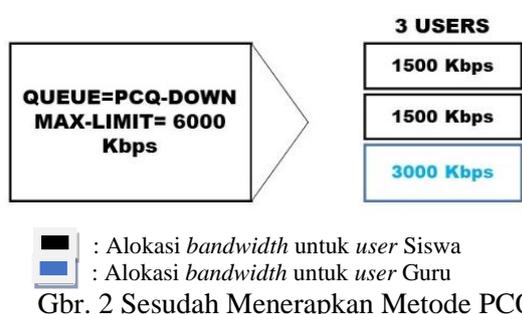
Pada penelitian ini dilakukan dua pengujian, yaitu pengujian *QoS* sebelum dan sesudah penerapan metode PCQ.



Gbr. 1 Sebelum Penerapan Metode PCQ

Gambar 1 menunjukkan bahwa *bandwidth* maksimum sebesar 30.000 Kbps dialokasikan kepada tiga pengguna tanpa adanya metode pengelolaan yang spesifik. Sebelum

penerapan metode *Peer Connection Queue* (PCQ), alokasi *bandwidth* dilakukan secara acak, sehingga distribusi *bandwidth* tidak merata, dengan satu pengguna mendapatkan 8.000 Kbps, pengguna lainnya 10.000 Kbps, dan yang lain 12.000 Kbps. Ketidakseimbangan ini dapat menyebabkan beberapa pengguna mengalami keterlambatan dalam akses jaringan. Untuk mengatasi hal tersebut, metode PCQ diterapkan pada router PPPoE Server guna memastikan pembagian *bandwidth* lebih adil dan sesuai dengan kebutuhan masing-masing pengguna, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gbr. 2 Sesudah Menerapkan Metode PCQ

Dapat dilihat pada Gambar 2 bahwa metode *Peer Connection Queue* (PCQ) diterapkan untuk mengalokasikan *bandwidth* secara merata kepada pengguna dalam jaringan. Total *bandwidth* maksimum yang tersedia adalah 6.000 Kbps, yang kemudian dibagi kepada tiga pengguna sesuai dengan kebutuhan mereka. User siswa (Komputer 1 dan Komputer 2) masing-masing mendapatkan alokasi *bandwidth* sebesar 1.500 Kbps. Alokasi ini diberikan karena kebutuhan akses internet mereka lebih ringan, seperti browsing materi pembelajaran dan mengakses platform pendidikan daring. User guru (Komputer 3) memperoleh alokasi *bandwidth* yang lebih besar, yaitu 3.000 Kbps, mengingat kebutuhan akses yang lebih tinggi, seperti mengunduh materi pembelajaran, mengakses aplikasi konferensi video, serta menjalankan aplikasi penting lainnya.

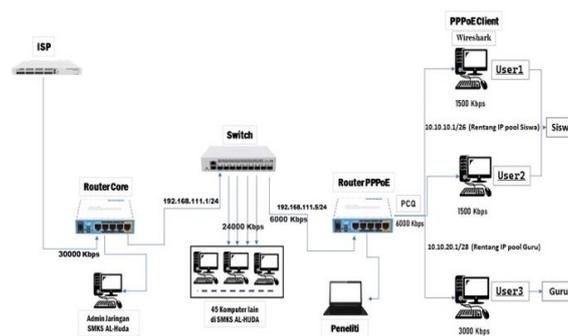
A. Alat Penelitian

Dalam implementasi penelitian ini digunakan dua komponen utama yaitu perangkat keras dan lunak. Komponen perangkat keras yang digunakan mencakup

Router RB951Ui-2nD, sedangkan perangkat lunak mencakup winbox yang digunakan untuk konfigurasi perangkat mikrotik dan wireshark digunakan untuk memindai dan menangkap trafik data pada jaringan internet secara *real-time*.

B. Topologi Jaringan

Topologi Jaringan merupakan sebuah cara menghubungkan komputer satu dengan yang lainnya sehingga tersusun sebuah jaringan [7]. Topologi jaringan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah topologi *Star*.



Gbr. 3 Topologi Jaringan Penelitian

Dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa *Internet Service Provider* (ISP) dari *switch Point of Presence* (PoP) dengan alokasi *bandwidth* sebesar 30.000 Kbps terhubung ke *router core* melalui ether1 dengan alamat IP 192.168.111.1/24. Router core ini berperan sebagai penghubung utama yang mengalirkan koneksi internet ke komputer administrator serta meneruskan *bandwidth* sebesar 30.000 Kbps ke switch. Selanjutnya, switch akan mendistribusikan *bandwidth* ke setiap komputer di Laboratorium SMKS AL-HUDA.

Dari total *bandwidth* yang tersedia, sebanyak 6.000 Kbps dialokasikan untuk router PPPoE Server, yang menerima koneksi melalui port 19 pada switch dan terhubung ke ether1 pada router PPPoE dengan alamat IP 192.168.111.5/24. Sementara itu, ether2 pada router PPPoE Server dikonfigurasi untuk terhubung ke laptop, yang digunakan untuk melakukan konfigurasi perangkat serta monitoring penggunaan data seluruh user. Lebih lanjut, pada sisi distribusi jaringan, ether3 dan ether4 pada router PPPoE Server dikonfigurasi untuk terhubung ke PPPoE

Client, yaitu user siswa 1 dan user siswa 2, dengan masing-masing mendapat limit bandwidth sebesar 1.500 Kbps menggunakan IP Pool 10.10.10.1/26. Sementara itu, ether5 pada router PPPoE Server terhubung ke PPPoE Client user guru, yang memperoleh limit bandwidth sebesar 3.000 Kbps dengan IP Pool 10.10.20.1/28.

Dengan konfigurasi ini, *bandwidth* dapat dialokasikan secara lebih efisien berdasarkan kebutuhan pengguna, sehingga memastikan setiap user mendapatkan akses internet yang optimal sesuai dengan perannya dalam jaringan.

C. Pengujian *Quality of Service*

Quality of Service (QoS) merupakan suatu mekanisme yang berfungsi sebagai standar mutu layanan pada suatu aplikasi atau produk. Dalam jaringan komputer, QoS digunakan untuk mengevaluasi tingkat kualitas koneksi yang diterima oleh pengguna [8]. Kinerja jaringan komputer dapat mengalami fluktuasi akibat berbagai faktor, seperti *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*, yang dapat berdampak signifikan terhadap performa berbagai aplikasi.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

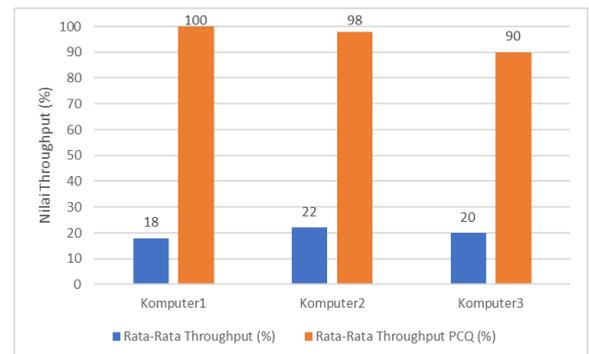
Pengukuran data *Quality of Service* (QoS) dilakukan di laboratorium komputer SMKS AL-HUDA Jati Agung, Lampung Selatan. Penelitian ini dilakukan dengan mengunduh aplikasi melalui situs Uptodown.com serta melakukan *streaming* video di YouTube dengan resolusi standar 480p. Streaming dilakukan selama 12 menit setiap jam untuk memperoleh sampel data yang representatif. Pengukuran berlangsung dari pukul 08.00 WIB hingga 12.00 WIB.

A. Pengukuran Parameter *Throughput* Pengujian *Download* dan *Streaming Video*

Nilai rata-rata *throughput* diperoleh dari pengukuran aktivitas *download* selama dua minggu menggunakan tiga komputer pada jam 08.00, 09.00, 10.00, dan 11.00 wib, dengan durasi setiap pengukuran selama 12 menit. Data dicatat sebelum dan sesudah

penerapan metode PCQ, sebagaimana dijelaskan pada Gambar 4.

Dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa rata-rata *throughput* sebelum menerapkan metode PCQ berada di bawah 20%, yang menurut standar TIPHON termasuk dalam kategori indeks 1 (kurang baik). Setelah menerapkan metode PCQ, rata-rata *throughput* meningkat hingga di atas 90%, yang masuk dalam kategori indeks 4 (sangat baik).



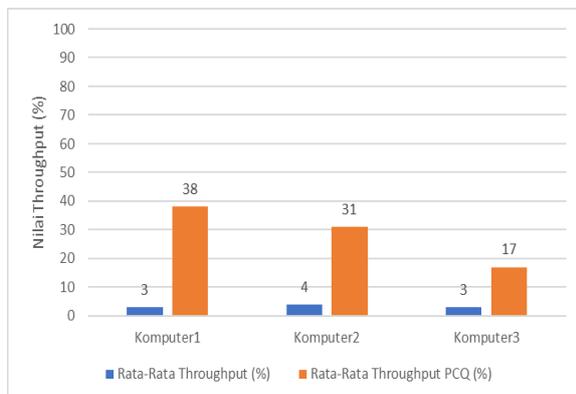
Gbr. 4 Grafik Perbandingan Nilai *Throughput* Aktivitas *Download* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

Dengan demikian, implementasi metode PCQ terbukti secara signifikan meningkatkan kualitas *throughput* saat mengunduh data. Sesuai dengan standar TIPHON, hasil ini menunjukkan bahwa metode PCQ merupakan solusi efektif untuk meningkatkan *throughput* dan performa jaringan.

Pada Gambar 5 merupakan nilai rata-rata *throughput* ketika aktivitas *video streaming*. Terlihat bahwa rata-rata *throughput* sebelum menerapkan metode PCQ pada komputer 1, komputer 2, dan komputer 3 masing-masing adalah 3%, 4%, dan 3%. Menurut standar TIPHON, ketiga komputer tersebut masuk dalam kategori indeks 1 (kurang baik).

Setelah menerapkan metode PCQ, *throughput* pada komputer 1 meningkat menjadi 38%, komputer 2 menjadi 31%, dan komputer 3 menjadi 17%. Berdasarkan standar TIPHON, komputer 1 dan 2 masuk dalam kategori indeks 2 (sedang), sedangkan komputer 3 tetap dalam kategori indeks 1 (kurang baik). Rendahnya peningkatan pada komputer 3 disebabkan oleh kebutuhan *bandwidth* yang relatif kecil untuk *streaming video* 480p, sementara alokasi *bandwidth* sebelum penerapan PCQ sudah cukup besar.

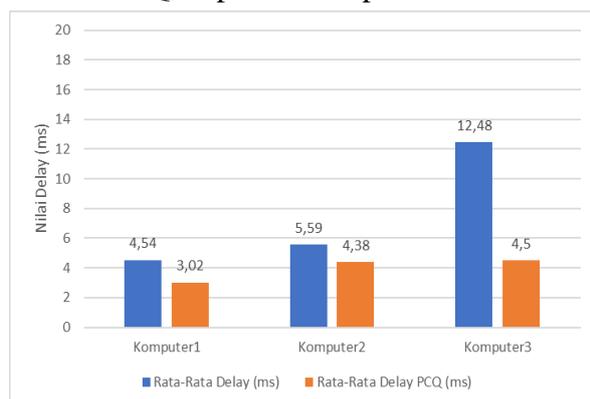
Dengan demikian, implementasi metode PCQ secara signifikan meningkatkan kualitas *throughput* saat melakukan streaming. Sesuai standar TIPHON, hasil ini menunjukkan bahwa metode PCQ efektif dalam meningkatkan *throughput* serta performa jaringan, terutama untuk aktivitas yang membutuhkan *bandwidth* lebih besar.



Gbr. 5 Grafik Perbandingan Nilai *Throughput* Aktivitas *Video Streaming* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

B. Pengukuran Parameter *Delay* Pengujian *Download* dan *Streaming Video*

Nilai rata-rata *delay* yang diperoleh dari pengukuran *download* selama dua minggu menggunakan tiga komputer pada jam 08.00, 09.00, 10.00, dan 11.00 wib, dengan durasi 12 menit, sebelum dan setelah penerapan metode PCQ, dapat dilihat pada Gambar 6.



Gbr. 6 Grafik Perbandingan Nilai *Delay* Aktivitas *Download* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

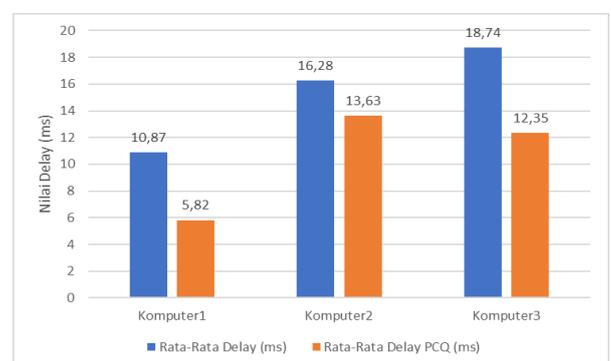
Dapat dilihat pada Gambar 6 nilai rata-rata *delay* sebelum menerapkan metode PCQ berada dibawah 13 ms. Kemudian nilai rata-rata *delay* setelah menerapkan metode PCQ berada dibawah 5, di mana hasil sebelum dan sesudah menerapkan metode PCQ menurut

standarisasi TIPHON termasuk ke dalam kategori indeks “4” yaitu sangat baik.

Dengan demikian, implementasi metode PCQ pada pengujian *download* sedikit lebih baik jika dibandingkan sebelum implementasi metode PCQ pada ketiga *user*, meskipun nilai tersebut tidak berpengaruh signifikan. Sesuai dengan standar TIPHON, ini mengindikasikan bahwa metode PCQ bisa menjadi pilihan yang baik dalam meningkatkan kualitas parameter *delay* namun tidak berpengaruh cukup besar karena penggunaan kabel sebagai koneksi utama dapat mengurangi besarnya nilai *delay*.

Pada Gambar 7 nilai rata-rata *delay* sebelum menerapkan metode PCQ berada dibawah 19 ms. Kemudian nilai rata-rata *delay* setelah menerapkan metode PCQ berada dibawah 14 ms, di mana hasil sebelum dan sesudah menerapkan metode PCQ menurut standarisasi TIPHON termasuk ke dalam kategori indeks “4” yaitu sangat baik.

Dengan demikian, implementasi metode PCQ pada pengujian *streaming* sedikit lebih baik pada ketiga *user*, namun tidak berpengaruh signifikan dalam kualitas *delay* ketika melakukan *streaming*. Sesuai dengan standar TIPHON, ini mengindikasikan bahwa metode PCQ bisa menjadi pilihan yang baik dalam meningkatkan kualitas parameter *delay* namun tidak berpengaruh cukup besar karena penggunaan kabel sebagai media koneksinya.



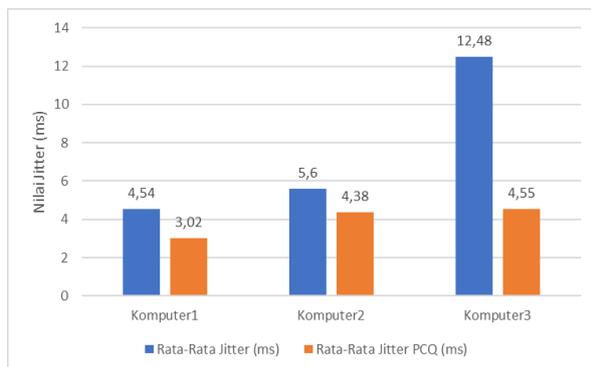
Gbr. 7 Grafik Perbandingan Nilai *Delay* Aktivitas *Video Streaming* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

C. Pengukuran Parameter *Jitter* Pengujian *Download* dan *Streaming Video*

Nilai rata-rata *jitter* yang diperoleh dari pengukuran *download* selama dua minggu

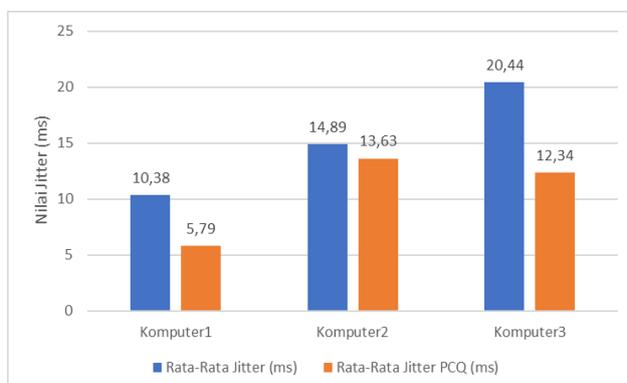
menggunakan tiga komputer pada jam 08.00, 09.00, 10.00, dan 11.00, dengan durasi 12 menit. Data tersebut diperoleh dari sebelum dan setelah penerapan metode PCQ, sebagaimana dijelaskan pada Gambar 8.

Dapat dilihat pada Gambar 8 nilai tertinggi rata-rata *jitter* sebelum menerapkan metode PCQ berada dibawah 13 ms. Kemudian nilai rata-rata *jitter* setelah menerapkan metode PCQ berada dibawah 5 ms, di mana hasil sebelum dan sesudah menerapkan metode PCQ menurut standarisasi TIPHON termasuk ke dalam kategori indeks “3” yaitu baik.



Gbr. 8 Grafik Perbandingan Nilai *Jitter* Aktivitas *Download* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

Dengan demikian, implementasi metode PCQ pada pengujian *download* sedikit lebih baik pada ketiga user, namun tidak berpengaruh signifikan dalam kualitas *jitter* ketika melakukan *download*. Sesuai dengan standar TIPHON, ini mengindikasikan bahwa metode PCQ bisa menjadi pilihan yang baik dalam meningkatkan parameter *jitter* namun tidak berpengaruh cukup besar karena menggunakan media kabel sebagai koneksinya.



Gbr. 9 Grafik Perbandingan Nilai *Jitter* Aktivitas *Video Streaming* Sebelum dan Sesudah Menerapkan Metode PCQ

Pada Gambar 9 terlihat bahwa nilai tertinggi rata-rata *jitter* sebelum menerapkan metode PCQ berada dibawah 22 ms. Kemudian nilai tertinggi rata-rata *jitter* setelah menerapkan metode PCQ berada dibawah 15 ms. Namun hasil sebelum dan sesudah menerapkan metode PCQ menurut standarisasi TIPHON termasuk ke dalam kategori indeks “3” yaitu baik.

Dengan demikian, implementasi metode PCQ pada pengujian *streaming* sedikit lebih baik pada ketiga user, namun tidak berpengaruh signifikan dalam kualitas *jitter* ketika melakukan *download*. Sesuai dengan standar TIPHON, ini mengindikasikan bahwa metode PCQ bisa menjadi pilihan yang baik dalam meningkatkan parameter *jitter* namun tidak berpengaruh cukup besar karena menggunakan media kabel sebagai koneksinya.

D. Pengukuran Parameter Packet Loss Pengujian *Download* dan *Streaming Video*

Nilai rata-rata *packet loss* yang diperoleh ketika melakukan pengukuran pada pengujian *download* selama 2 minggu dengan 3 komputer selama waktu kegiatan belajar mengajar pada jam jam 08.00, 09.00, 10.00, dan 11.00, dengan durasi pengukuran selama 12 menit. Data tersebut tercatat nilai rata-rata *packet loss* sebelum menerapkan metode PCQ dan nilai setelah menerapkan metode PCQ adalah 0%, di mana hasil tersebut menurut standarisasi TIPHON termasuk ke dalam kategori indeks “4” yaitu sangat baik.

Dengan demikian, implementasi metode PCQ pada pengujian *download* dan *streaming* tidak mempengaruhi dalam parameter *packet loss*. Hal ini dikarenakan penggunaan media kabel serta pengaruh besarnya nilai *throughput* dan kecilnya nilai *delay* sehingga paket data yang dikirim tidak ada yang hilang [9].

IV. PENUTUP

Pengukuran *Quality of Service* (QoS) menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam parameter throughput pada pengujian *download*. Sebelum menerapkan metode PCQ, rata-rata *throughput* tercatat 20% dengan indeks 1 (kurang baik). Setelah penerapan PCQ, *throughput* meningkat menjadi 96% dengan indeks 4 (sangat baik). Peningkatan ini terjadi karena alokasi bandwidth yang lebih merata sesuai kebutuhan.

Pada pengujian *streaming video*, rata-rata *throughput* sebelum penerapan PCQ adalah 3% (indeks 1) dan meningkat menjadi 29% (indeks 2) setelah penerapan PCQ. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan *bandwidth* yang relatif kecil untuk streaming video 480p, sementara alokasi *bandwidth* sebelum penerapan PCQ sudah cukup besar.

Parameter *delay* dan *jitter* juga mengalami perubahan. Pada pengujian unduhan, *delay* sebelum penerapan PCQ adalah 8 ms dan berkurang menjadi 4 ms setelah penerapan. Pada pengujian streaming, *delay* menurun dari 15 ms menjadi 11 ms. Meskipun demikian, nilai *delay* tetap berada pada indeks 4, sedangkan *jitter* tetap pada indeks 3, menunjukkan bahwa perubahan tidak terlalu signifikan.

Sementara itu, parameter *packet loss* tetap 0% dengan indeks 4, baik sebelum maupun setelah penerapan PCQ, menandakan tidak adanya kehilangan paket data. Hal ini disebabkan oleh penggunaan media kabel dalam sistem, yang membantu meminimalkan *delay*, *jitter*, serta mencegah kehilangan paket data.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Institut Teknologi Sumatera (ITERA) yang telah memberikan hibah internal tahun 2024 kepada penulis, yang sangat mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian ini. Terima kasih atas dukungan dan kesempatan yang diberikan.

REFERENSI

- [1] Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), “Survei Internet APJII 2023,” Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII). Accessed: Dec. 19, 2023. [Online]. Available: <https://survei.apjii.or.id/>
- [2] S. A. Sutarman, R. Rohmat Saedudin, Y. Kurnia, and S. Hedyanto, “Analisis Simulasi Bandwidth Dengan Menggunakan Metode PCQ (Peer Connection Queuing) Untuk Meningkatkan QoS (Quality Of Service),” in *E-Proceeding of Engineering*, Bandung: Universitas Telkom, Oct. 2021, pp. 9062–9071.
- [3] J. Mitranont, W. Sawangphol, and Mahāwitthayālai Mahidon., “Bandwith reservation Approach to Improve Quality of Service in Software-Defined Networking A Performance Analysis,” Mahidol University, Ed., Nakhon Pathom: International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), Jul. 2018.
- [4] S. Sugianto and M. F. Rohmah, “Perbandingan Performance Managemen Bandwidth Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queue Menggunakan Mikrotik RB540G,” *Pros. SNP2M (Seminar Nas. Penelit. dan Pengabd. Masy.*, pp. 260–265, 2018.
- [5] H. Vernando, I. D. Mumpuni, and D. W. Widarti,” Manajemen Bandwidth Jaringan menggunakan Queue Tree dengan Metode Peer Connection Queue (PCQ)”, *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknolog*, pp. 24-38, vol. 2 no. 7, 2024.
- [6] E. Herlina, “Analisa Rancangan Manajemen Bandwidth Untuk Infrastruktur Jaringan Komputer Pada SMKN 1 Abdya,” Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, 2019.
- [7] Mirsantoso, T. Umi Kalsum, and R. Supardi, “Implementasi Dan Analisa Peer Connection Queue (PCQ) Sebagai Kontrol Penggunaan Internet Pada Laboratorium Komputer,” *Jurnal Media Infotama*, vol. 11, no. 2, Sep. 2015.
- [8] H. Kusbandono, E. Mirza Syafitri, P. Studi Teknologi Informasi, and P. Studi Administrasi Bisnis Politeknik Negeri Madiun, “Penerapan Quality Of Service (QoS) dengan Metode PCQ untuk Manajemen Bandwidth Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun,” *Research : Journal of Computer*, vol. 2, no. 1, pp. 7–12, Apr. 2019.

- [9] A. E. Widayanto, D. Susilo, H. Saputro, and A. L. Haris, "Manajemen Bandwidth Dengan Simple Queue Dan Queue Tree Di Laboratorium Komputer Universitas Sahid Surakarta," *Jurnal Gaung Informatika*, vol. 9, no. 2, pp. 63–73, Jul. 2016, Accessed: Nov. 26, 2023.