



Analisis Perbandingan Quality of Service dengan Standarisasi Tiphon: Metode Simple Queue dan Per Connection Queue

Rani Novita Duri^{1*}, Monsya Juansen²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Jl. Bali, Kampung Bali, Teluk Segara, Kota Bengkulu, Indonesia.

*Penulis Korespondensi, Email: raniraninovitaduri30@gmail.com

Abstrak—Penggunaan layanan internet terus meningkat dari tahun ke tahun, khususnya di Indonesia, dengan jumlah pengguna internet mencapai 5,53 miliar jiwa. Internet memiliki peran penting dalam berbagai bidang, seperti pendidikan, bisnis, dan hiburan. Dalam bidang pendidikan, internet digunakan untuk mendukung aktivitas akademik, penelitian, dan administrasi. Oleh karena itu, layanan internet yang optimal dan stabil sangat dibutuhkan. Namun, permasalahan yang sering dihadapi adalah lambatnya jaringan dan tidak meratanya alokasi bandwidth terutama di Universitas Muhammadiyah Bengkulu dengan kecepatan rata-rata jaringan hanya mencapai 58,21 kbps, sementara kebutuhan ideal untuk aktivitas akademik membutuhkan minimal 256 kbps. Sehingga menghambat aktivitas akademik dalam mengakses informasi dan data. Manajemen bandwidth merupakan solusi yang dapat diterapkan untuk mengontrol dan mengatur alokasi bandwidth secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode antrean (queue), yaitu simple queue dan PCQ, dalam manajemen bandwidth. Selain itu, peneliti juga menambahkan pembatasan pada layanan YouTube untuk meningkatkan kualitas jaringan. Metodologi penelitian yang digunakan adalah action research (AR), dengan tahapan meliputi diagnosis, rencana tindakan, tindakan, evaluasi, dan pembelajaran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa simple queue meningkatkan throughput, delay, dan jitter lebih konsisten dibandingkan PCQ di hampir semua kondisi. Meskipun peningkatan performa jaringan tidak drastis, metode ini efektif menjaga kualitas layanan. PCQ menunjukkan throughput lebih tinggi, terutama saat beban rendah, dengan 784,07 kbps dibandingkan simple queue sebesar 136,36 kbps. Dengan demikian, diharapkan dapat memberikan solusi bagi administrator jaringan dalam pemilihan metode manajemen bandwidth sesuai dengan tujuan jaringan, di mana simple queue menjaga kestabilan, sedangkan PCQ unggul dalam pemerataan bandwidth saat beban rendah, khususnya jaringan Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

Kata Kunci: Quality of Service; PCQ; Simple queue; Manajemen Bandwidth; Tiphon.

Abstract—Use of internet services continues to increase from year to year, especially in Indonesia, with the number of internet users reaching 5.53 billion people. The internet has an important role in various fields, such as education, business and entertainment. In the education sector, the internet is used to support academic, research and administrative activities. Therefore, optimal and stable internet services are needed. However, the problems that are often faced are slow networks and uneven bandwidth allocation, especially at Muhammadiyah University of Bengkulu where the average network speed only reaches 58.21 kbps, while the ideal requirement for academic activities requires a minimum of 256 kbps. Thus hampering academic activities in accessing information and data. bandwidth management is a solution that can be implemented to control and manage bandwidth allocation effectively. This research aims to compare two queue methods, namely simple queue and PCQ, in bandwidth management. Apart from that, researchers also added restrictions to YouTube services to improve network quality. The research methodology used is action research (AR), with stages including diagnosis, action plan, action, evaluation, and learning. The results show that simple queue improves throughput, delay, and jitter more consistently than PCQ in almost all conditions. Even though the increase in network performance is not drastic, this method is effective in maintaining service quality. PCQ shows higher throughput, especially under low load, with 784.07 kbps compared to simple queue of 136.36 kbps. In this way, it is hoped that it can provide a solution for network administrators in selecting bandwidth management methods according to network objectives, where simple queue maintains stability, while PCQ excels in equalizing bandwidth during low loads, especially the Muhammadiyah Bengkulu University network.

Keywords: Quality of Service; PCQ; Simple queue; bandwidth Management; Tiphon.

1. PENDAHULUAN

Internet atau *interconnected network* merupakan jaringan global yang menghubungkan banyak perangkat di seluruh dunia sebagai sarana berkomunikasi dan bertukar informasi secara *real-time*[1], melalui berbagai layanan seperti, *social media*, *situs web*, dan aplikasi layanan lainnya yang mendukung kebutuhan pribadi, pendidikan, bisnis, maupun hiburan[2][3]. *Internet* telah memberi pengaruh di banyak aspek kehidupan sehari-hari, oleh sebab itu penggunaan *internet* terus meningkat setiap tahunnya, khususnya di Indonesia[4]. Pada tahun

2024 jumlah pengguna *internet* mencapai 5,53 miliar jiwa atau setara dengan 66,5% dari total keseluruhan penduduk Indonesia[5]. Penggunaan *internet* yang banyak menyebabkan munculnya berbagai masalah salah satu masalah yang sering timbul yaitu, tidak meratanya limit *bandwidth* yang diterima setiap pengguna yang terhubung sehingga menyebabkan akses *internet* tidak berjalan optimal dan stabil. Masalah tersebut juga terjadi pada jaringan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, sehingga terjadinya monopoli *bandwidth*. Berdasarkan hasil pengamatan, jumlah rata-rata pengguna yang terhubung ke jaringan setiap harinya berkisar antara 100 hingga 500 pengguna dengan total kapasitas *bandwidth* sebesar 400 mbps. Dalam kondisi normal, setiap pengguna seharusnya mendapatkan *bandwidth* sekitar 2 mbps secara merata. Namun, saat terjadi monopoli *bandwidth*, sebagian besar pengguna hanya memperoleh *bandwidth* sekitar 100 kbps hingga 500 kbps, sedangkan pengguna tertentu dengan aktivitas *download* atau *streaming* berlebihan mampu mendapatkan *bandwidth* hingga 50 mbps atau lebih. Permasalahan tersebut dikarenakan belum adanya penerapan manajemen *bandwidth*.

Internet memiliki peranan yang penting dalam penyebaran dan akses informasi apapun. Dalam konteks pendidikan pun jaringan *internet* sangat diperlukan dalam mendukung aktivitas akademik, penelitian, dan administrasi. Untuk itu kebutuhan *internet* yang stabil dan optimal sangat dibutuhkan. Universitas Muhammadiyah Bengkulu khususnya pada kampus 1 memiliki jumlah *bandwidth* sebesar 500 mbps untuk mendukung kebutuhan akses *internet* yang mencakup 6 gedung bertingkat. Permasalahan yang dialami yaitu, lambatnya jaringan *internet* sehingga terhambatnya aktivitas akademik dalam mengakses suatu informasi dan data. Untuk menyikapi masalah tersebut, manajemen *bandwidth* menjadi hal yang sangat penting untuk mengatur alokasi *bandwidth* secara adil dan efisien, sehingga dapat mengurangi tumpang tindih serta meminimalkan gangguan dalam penggunaan jaringan. Salah satu pendekatan efektif yang dapat diterapkan adalah manajemen *queue* sebagai bagian dari penerapan *Quality of Service (QoS)*[2].

Manajemen *bandwidth* merupakan teknik pengelolaan jaringan yang mengatur dan mengontrol *bandwidth* dengan memastikan bahwa *bandwidth* dialokasikan secara merata untuk setiap pengguna dan dapat menetapkan batas kecepatan limit sesuai kebijakan yang ingin di prioritaskan[6]. Di dalam manajemen *bandwidth* terdapat beberapa metode yang dapat diterapkan salah satunya metode *simple queue* dan *per connection queueing (PCQ)*. Kedua metode tersebut lebih sering digunakan pada perangkat *MikroTik* dalam pengelolaan *bandwidth* pada jaringan berskala menengah hingga besar. Metode *PCQ* dipilih karena mampu membagi *bandwidth* secara otomatis dan merata kepada setiap pengguna atau koneksi tanpa konfigurasi yang kompleks, sehingga lebih efektif dalam mencegah monopoli *bandwidth* pada jaringan dengan jumlah pengguna yang banyak. Sedangkan *simple queue* dipilih karena metode ini lebih mudah diterapkan dengan konfigurasi yang sederhana serta mampu membatasi *bandwidth* berdasarkan alamat *IP* pengguna. Dengan menerapkan manajemen *bandwidth* ini, jaringan dapat berfungsi lebih efektif, mencegah monopoli *bandwidth* oleh pengguna tertentu, serta meningkatkan kepuasan pengalaman pengguna[7].

Adapun penelitian terdahulu yang lain dengan judul “Optimalisasi *bandwidth* pada Jaringan *Internet* Menggunakan Metode *Simple queue* dan *Per Connection Queueing* (Studi Kasus: Pt. Paragon Pratama Teknologi)” bahwa Metode *PCQ* dan *Simple queue* terbukti berhasil meningkatkan kinerja jaringan secara signifikan, terutama dalam mengoptimalkan performa keseluruhan jaringan. Peningkatan ini terlihat jelas dari *throughput* yang awalnya hanya 1,422 mbps berhasil naik menjadi 3,231 mbps, menunjukkan efisiensi pengelolaan *bandwidth* yang jauh lebih baik. Selain itu, penerapan kedua metode ini membuat koneksi *internet* menjadi lebih stabil dan cepat, sehingga mampu mendukung berbagai kebutuhan pengguna dengan kualitas layanan yang optimal[8].

Berdasarkan penelitian terdahulu mengenai perbandingan tiga metode *queue* yang berjudul “Perbandingan *Simple queue*, *Queue tree* dan *PCQ (Per Connection Queue)* untuk Manajemen *bandwidth* pada Jaringan *MikroTik*” oleh [9], bahwa *simple queue* memiliki *throughput* tertinggi dibandingkan metode lainnya. Namun, baik *simple queue* maupun *queue tree* cenderung memiliki *delay* yang lebih rendah jika dibandingkan dengan *PCQ*. Di sisi lain, *PCQ* unggul dalam pembagian *bandwidth* yang lebih akurat dan merata, sehingga sangat cocok digunakan dalam skenario yang membutuhkan distribusi *bandwidth* yang presisi.

Pada penelitian terdahulu dari [10] dengan judul “Analisis Paket Manajemen *bandwidth* diperusahaan dengan Metode *Simple queue* dan *Quality Of Service*” bahwa selama perancangan dan analisa *QoS* kecepatan *download* dengan *simple queue* dan analisis jaringan menggunakan *wireshark* dan *winbox* pada percobaan 1 dan 2 teruji menemukan detail setiap paket jaringan.

Pada penelitian yang lain dengan judul “Implementasi *Simple queue* untuk Manajemen *bandwidth* penggunaan *Internet*” oleh [11] menunjukkan dengan penerapan metode *simple queue*, alokasi *bandwidth* menjadi lebih efektif dan dapat didistribusikan secara adil untuk setiap pengguna. Selain itu, penerapan metode ini juga berhasil meningkatkan kualitas layanan *internet* di SMK KP Baleendah secara lebih optimal.

Pada penelitian terdahulu yang lain oleh [2] dengan judul “Analisis Perbandingan untuk Optimalisasi Jaringan Menggunakan Metode *Queue Tree* dan *PCQ* di ICT UMMI” menunjukkan bahwa penggunaan *queue*

tree dalam aspek *throughput*, *delay* dan *jitter* lebih baik dibandingkan dengan metode *PCQ* dan tanpa manajemen *bandwidth*. Rata-rata *throughput* tanpa manajemen 4.081.100 bps sementara *queue tree* 4.811.300 bps dan *PCQ* hanya 3.765.700 bps. *Delay* dan *jitter queue tree* lebih unggul yaitu sebesar 1,646 ms dibanding *PCQ* dan tanpa manajemen.

Dalam penelitian ini, peneliti akan membandingkan metode *simple queue* dengan *per connection queueing (PCQ)* guna meningkatkan kualitas jaringan *internet* di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Selain itu, penelitian ini juga akan menerapkan limitasi *bandwidth* pada aplikasi seperti *YouTube*, yang dapat membantu mengurangi beban trafik yang tidak penting, sehingga memungkinkan pengalokasian *bandwidth* yang lebih baik untuk aplikasi yang lebih prioritas, lalu akan diukur menggunakan empat parameter *QoS* dengan standarisasi Tiphon. Standarisasi Tiphon merupakan standar yang digunakan untuk mengukur dan mengevaluasi kualitas layanan jaringan berbasis *IP*. Tiphon menetapkan parameter kualitas layanan seperti *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* sebagai indikator performa jaringan[12]. Sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam proses analisa jaringan, sehingga hasil pengukuran lebih terukur, objektif, dan akurat untuk membantu dalam pengambilan keputusan dalam meningkatkan kualitas jaringan. Untuk mendapatkan metode yang sesuai, peneliti akan melakukan analisis mendalam terhadap kinerja kedua metode tersebut dalam berbagai kondisi jaringan yang berbeda. Hal ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam pemilihan metode yang paling efisien untuk digunakan di lingkungan kampus.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu terletak pada penerapan *scheduler* yang membantu administrator dalam mengelola *bandwidth* secara otomatis berdasarkan aktivitas pengguna. Selain itu, pembatasan limit pada aplikasi *YouTube* juga diterapkan secara dinamis, di mana saat aktivitas jaringan tinggi, limit *YouTube* akan dikurangi, dan saat aktivitas jaringan menurun, limit *YouTube* akan kembali meningkat sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan melalui *scheduler*. Penerapan ini memungkinkan distribusi *bandwidth* menjadi lebih optimal dan efisien, sehingga memberikan kualitas layanan jaringan yang lebih baik tanpa mengganggu aktivitas pengguna prioritas lainnya. Dengan adanya mekanisme ini, administrator dapat lebih mudah mengelola jaringan tanpa perlu melakukan konfigurasi secara manual setiap saat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

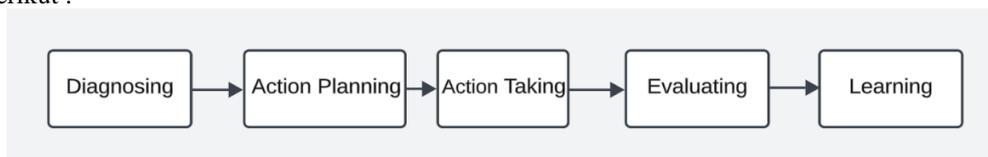
2.1 Analisis Masalah

Permasalahan yang muncul dalam penelitian ini adalah bagaimana perbandingan kinerja antara metode *simple queue* dan *per connection queue (PCQ)* dalam mengelola *bandwidth* pada jaringan yang menerapkan standar Tiphon. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi sejauh mana kedua metode tersebut mempengaruhi parameter *quality of service (QoS)* seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Selain itu, penelitian ini juga berfokus pada perbedaan dalam pengelolaan *bandwidth* antara metode *simple queue* dan *PCQ* ketika diterapkan pada jaringan yang mengalami limitasi *bandwidth*, khususnya dalam konteks layanan *streaming* seperti *YouTube*. Masalah lainnya yang perlu dianalisis adalah metode manakah yang lebih efektif dalam menjaga kualitas layanan pada jaringan yang dibatasi, serta bagaimana dampaknya terhadap pengalaman pengguna di layanan-layanan dengan kebutuhan *bandwidth* tinggi.

2.2 Metode Action Research (AR)

Penelitian ini akan menggunakan metode *action research (AR)*. Metode *action research (AR)* adalah pendekatan yang bertujuan untuk menggabungkan teori dan praktik secara terpadu. Metode ini dilakukan dengan cara mendiagnosis masalah secara mendalam, merancang intervensi yang tepat, lalu melaksanakan tindakan tersebut. Hasil dari intervensi ini kemudian dipelajari untuk memahami dampaknya, sehingga teori dan praktik dapat saling mendukung dan berkembang bersama[13].

Adapun tahap pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian dengan menggunakan *action research (AR)* adalah sebagai berikut :



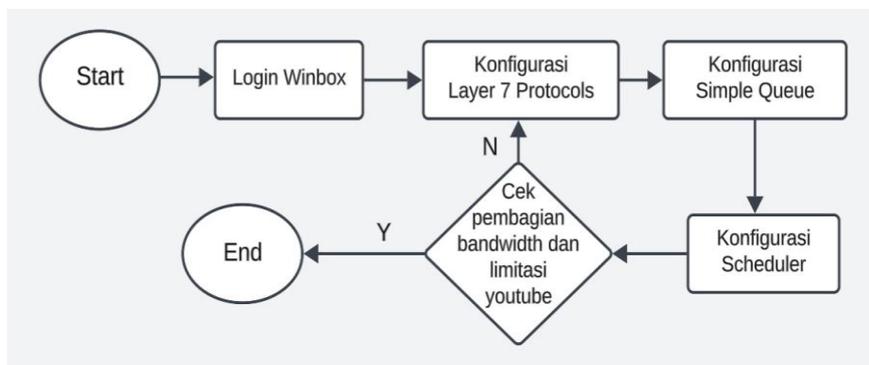
Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.3 Diagnosa/Diagnosing

Melakukan identifikasi masalah yang ada, dengan melakukan analisis *QoS* di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu sebelum dilakukan manajemen, melakukan identifikasi permasalahan jaringan yang ada dengan menganalisis *quality of service (QoS)* berdasarkan standar Tiphon di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Analisis ini mencakup pengukuran berbagai parameter *QoS*, seperti *throughput*, *packet loss*, *delay* dan *jitter*, untuk menilai kinerja layanan secara menyeluruh. Langkah ini dilakukan sebagai tahap awal sebelum menerapkan manajemen *bandwidth*, dengan tujuan memahami akar permasalahan dan memastikan bahwa pengelolaan *bandwidth* nantinya dapat meningkatkan kualitas layanan jaringan secara signifikan dan memenuhi kebutuhan pengguna di lingkungan kampus.

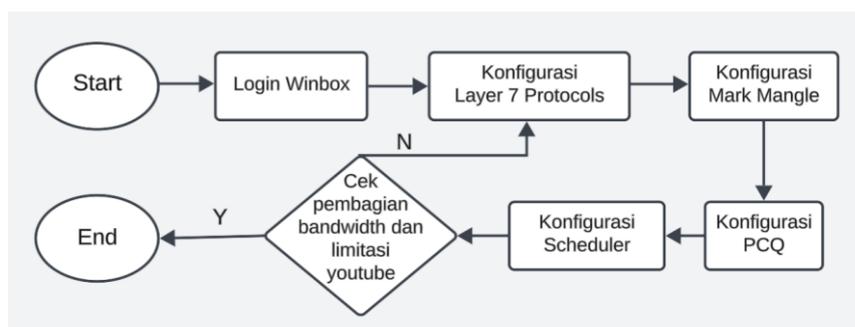
2.4 Rencana Tindakan/Action Planning

Pada tahap ini peneliti memahami permasalahan yang muncul dengan lebih jelas sebelum menerapkan manajemen *bandwidth*. Pemahaman ini penting untuk memastikan bahwa langkah-langkah yang diambil sesuai dengan kebutuhan. Selanjutnya, peneliti menyusun rencana dalam merancang manajemen *bandwidth*, dengan tujuan untuk mengatasi masalah yang ada dan meningkatkan efisiensi serta kualitas layanan jaringan. Adapun Gambaran rencana tindakan konfigurasi *simple queue* dan *per connection queue (PCQ)* dalam bentuk *flowchart* seperti di bawah ini:



Gambar 2. Flowchart Konfigurasi Simple Queue

Pada gambar 2. Menggambarkan rencana tindakan konfigurasi metode *simple queue* yang di kombinasikan dengan *layer 7 protocols* dan *scheduler*.



Gambar 3. Flowchart Konfigurasi Per Connection Queue (PCQ)

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat urutan rencana tindakan yang akan dilakukan pada saat konfigurasi *per connection queue (PCQ)* yang akan dikombinasikan dengan *layer 7 protocols* dan *scheduler* guna untuk meningkatkan kualitas jaringan.

2.5 Tindakan/Action Taking

Setelah menyusun rencana tindakan, penelitian ini menerapkan konfigurasi manajemen *bandwidth* pada jaringan kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Tahapan ini melibatkan penerapan metode antrean *simple queue* dan *per connection queue (PCQ)* menggunakan aplikasi *Winbox* pada perangkat *MikroTik*. Selain itu, peneliti juga menerapkan *scheduler* untuk membatasi penggunaan *bandwidth* pada aplikasi *YouTube*, guna mencegah dominasi *bandwidth* oleh layanan *streaming video*. Proses penerapan ini dilakukan dengan konfigurasi

pembagian *bandwidth* pada masing-masing metode, yang kemudian diuji menggunakan berbagai skenario beban jaringan untuk mengamati performa jaringan berdasarkan parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*, sehingga dapat diketahui mana dari kedua metode tersebut yang cocok pada jaringan kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

2.6 Evaluasi/Evaluating

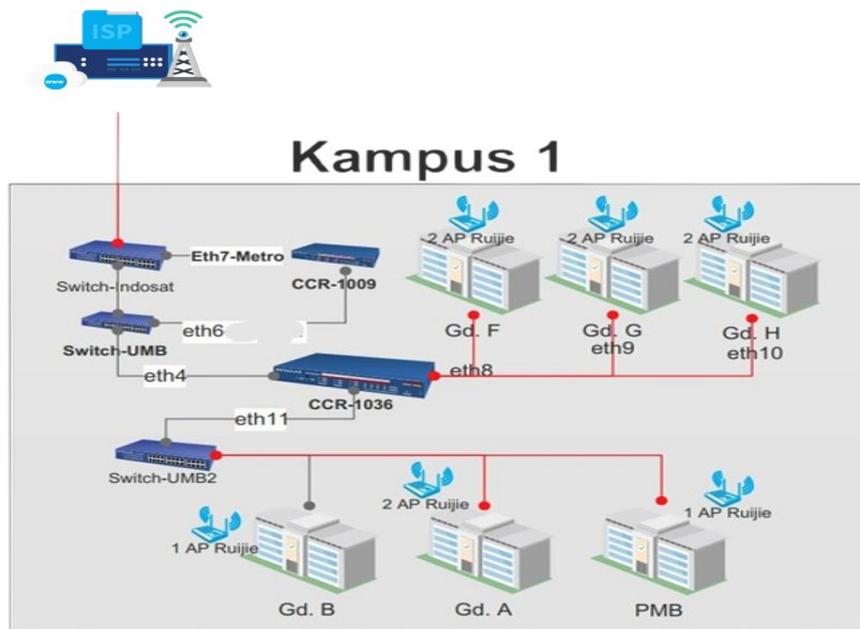
Peneliti melakukan evaluasi kembali dengan menganalisis *quality of service (QoS)* berdasarkan standar Tiphon setelah menerapkan kedua metode manajemen *bandwidth*. Proses ini bertujuan untuk menilai kinerja masing-masing metode dalam meningkatkan kualitas jaringan, seperti kecepatan, stabilitas, dan efisiensi penggunaan *bandwidth*. Hasil dari evaluasi tersebut kemudian akan ditinjau kembali untuk memastikan apakah kedua metode tersebut dapat memenuhi kebutuhan jaringan di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu, serta untuk menentukan metode yang paling efektif.

2.7 Pembelajaran/Learning

Tahapan ini merupakan tahap terakhir, yaitu melakukan *review* terhadap seluruh proses yang telah dilakukan selama penelitian atau implementasi. Selanjutnya, dilakukan perbandingan hasil *quality of service (QoS)* berdasarkan standar Tiphon sebelum dan sesudah penerapan manajemen *bandwidth*. Dari perbandingan tersebut, akan diperoleh hasil parameter yang meliputi *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Parameter-parameter ini akan digunakan untuk menilai sejauh mana peningkatan kualitas layanan jaringan telah tercapai. Selain itu, hasil perbandingan ini akan memberikan gambaran yang jelas mengenai metode manajemen *bandwidth* yang paling efektif antara *simple queue* dan *PCQ (Per Connection Queue)* dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu, yang menggunakan topologi *bus*. kampus 1 memiliki batas *bandwidth* sebesar 500 mbps dan menggunakan lima *switch* untuk menghubungkan enam gedung. Namun, jaringan *internet* di kampus 1 belum menerapkan manajemen *bandwidth*, sehingga menyebabkan koneksi *internet* menjadi tidak stabil dan tidak optimal, terutama dalam pembagian alokasi *bandwidth*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan dua metode antrean (*queue*), yaitu *simple queue* dan *per connection queue (PCQ)*. Selain itu, penelitian ini juga akan membatasi *bandwidth* untuk platform *YouTube*, sehingga alokasi *bandwidth* dapat diprioritaskan untuk aplikasi atau aktivitas yang lebih penting. Berikut adalah topologi jaringan di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu:



Gambar 3. Topologi Jaringan Kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu

3.1 Diagnosing

Pada tahap pertama, akan dilakukan analisis awal terhadap *QoS* (*Quality of Service*) tanpa penerapan manajemen *bandwidth* pada layanan jaringan kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar permasalahan yang sering terjadi pada jaringan tersebut. Pengujian difokuskan pada empat parameter utama *QoS* sesuai standar Tiphon, yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Dalam tahap ini, peneliti akan menganalisis *QoS* dalam tiga kondisi waktu yang berbeda. Kondisi pertama adalah jam sibuk pertama yang berlangsung dari pukul 09.00 hingga 12.00 siang, ketika aktivitas pengguna berada pada puncaknya. Kondisi kedua adalah jam istirahat, yaitu dari pukul 12.00 hingga 13.00 siang, saat aktivitas jaringan cenderung menurun. Kondisi terakhir adalah jam sibuk kedua, yaitu dari pukul 13.00 hingga 17.00 sore, ketika aktivitas kembali meningkat. Pengujian dilakukan dengan jumlah pengguna yang berkisar antara 50 hingga 500 pengguna. Proses pengujian ini akan menggunakan perangkat lunak *wireshark* untuk menangkap dan menganalisis data jaringan, yang kemudian disimpulkan ke dalam tabel dan grafik untuk memudahkan proses analisis lebih lanjut.

a. *Throughput*

Hasil perhitungan *throughput* pada tahap awal tanpa manajemen *bandwidth* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 1. *Throughput* Tanpa Manajemen

	<i>Bytes</i>	<i>Time</i>	<i>Throuhgput</i>	<i>Indeks</i>
Kondisi Sibuk 1	251762390	10563,743	190,86 kbps	1
Kondisi Istirahat	30447755	4185,087	58,21 kbps	1
Kondisi Sibuk 2	164382467	10539,472	124,78 kbps	1

Berdasarkan pada tabel 1 diketahui bahwa saat kondisi sibuk 1 memiliki nilai *throughput* tertinggi dibandingkan yang lain yaitu, sebesar 190,86 kbps dengan kategori kurang baik atau indeks 1 sedangkan nilai *throughput* terendah pada saat istirahat sebesar 58,21 kbps dengan kategori kurang baik. Dan kondisi sibuk 2 dengan nilai *throughput* 124,78 kbps dengan kategori kurang baik.

b. *Packet loss*

Hasil perhitungan *packet loss* pada tahap awal tanpa manajemen *bandwidth* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 2. Packet loss Tanpa Manajemen

	Packet terkirim	Packet diterima	Packet loss	Indeks
Kondisi Sibuk 1	600908	600908	0 %	4
Kondisi Istirahat	97221	97221	0 %	4
Kondisi Sibuk 2	37990	37990	0 %	4

Berdasarkan hasil dari perhitungan, *packet loss* memiliki kategori sangat baik atau indeks 4 di ketiga kondisi yaitu kondisi sibuk 1, kondisi istirahat dan kondisi sibuk 2 yaitu sebesar 0%.

c. *Delay*

Hasil perhitungan *delay* pada tahap awal tanpa manajemen *bandwidth* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 3. Delay Tanpa Manajemen

	Total delay	Packet terkirim-1	Delay	Indeks
Kondisi Sibuk 1	10,56374259	600908-1	1,77 ms	4
Kondisi Istirahat	5,089174	97221-1	1,87 ms	4
Kondisi Sibuk 2	10,5394718	37990-1	2,78 ms	4

Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa kondisi istirahat memiliki nilai *delay* sebesar 1,87 ms sebagai nilai tertinggi, untuk nilai terendah pada saat kondisi sibuk 2 sebesar 2,78 ms dengan kategori sangat baik. Pada kondisi sibuk 1 memiliki nilai *delay* sebesar 1,77 ms, walaupun begitu ketiganya memiliki sedikit perbedaan atau jarak pada nilai *delay*.

d. *Jitter*

Hasil perhitungan *jitter* pada tahap awal tanpa manajemen *bandwidth* dapat dilihat pada table berikut ini:

Tabel 4. Jitter Tanpa Manajemen

	Total variasi delay	Packet terkirim-1	Jitter	Indeks
Kondisi Sibuk 1	10,56381123	600907-1	1,76 ms	3
Kondisi Istirahat	5,087754159	97220-1	1,85 ms	3
Kondisi Sibuk 2	10,53951797	37989-1	2,77 ms	3

Pada tabel 4 menunjukkan bahwa pada kondisi sibuk 1 memiliki nilai *jitter* sebesar 1,76 ms pada kategori baik atau indeks 3, pada kondisi istirahat mengalami sedikit penurunan sebesar 1,85 ms dengan kategori baik. Dan pada kondisi sibuk 2 sebesar 2,77 ms dengan kategori baik.

3.2 Action Planning

Setelah mendapatkan hasil analisis pada kondisi jaringan tanpa penerapan manajemen *bandwidth*, langkah berikutnya adalah merancang tindakan yang bertujuan untuk mengatasi atau setidaknya mengurangi masalah yang telah teridentifikasi. Berdasarkan hasil diagnosis, ditemukan bahwa *throughput* jaringan sangat rendah, yang menyebabkan layanan jaringan tidak berjalan dengan optimal. Selain itu, pembagian *bandwidth* yang tidak merata menjadi salah satu masalah utama. Hal ini terjadi karena belum diterapkannya sistem manajemen *bandwidth* yang efektif, sehingga beberapa pengguna mungkin mendapatkan alokasi *bandwidth* yang berlebihan, sementara yang lain kekurangan. Rencana yang diinginkan, yaitu sebagai berikut:

a. Metode *Simple queue*

Rencana konfigurasi *simple queue* yang akan dilakukan seperti pada tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Rencana Simple queue

Bridge Kampus 1	Kondisi Jam Sibuk 1 dan 2		Kondisi Istirahat	
	Max-limit	Limit-At	Max-limit	Limit-At
Ether 4	65 M	60 M	50 M	15 M
Ether 5	65 M	60 M	50 M	15 M
Ether 6	65 M	60 M	50 M	15 M

<i>Ether 7</i>	65 M	60 M	50 M	15 M
<i>Ether 9</i>	65 M	60 M	50 M	15 M
<i>Ether 11</i>	65 M	60 M	50 M	15 M

Berdasarkan tabel 5 diatas menunjukkan banyak target yang akan di konfigurasi sebanyak 6 ether untuk 6 gedung dengan besaran *max-limit* 65 M dan *limit-at* 60 M untuk kondisi sibuk 1 dan 2, sedangkan untuk kondisi istirahat dengan aturan *max-limit* sebesar 50 M dan *limit-at* sebesar 15 M.

b. *Per connection queue (PCQ)*

Rencana konfigurasi *per connection queue (PCQ)* yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel bawah ini:

Tabel 6. Rencana Per Connection Queue

	<i>Max-limit</i>	<i>Limit-At</i>
≤ 10 User	70 M	50 M
>10 User ≤ 20 User	120 M	100 M
>20 User ≤ 30 User	170 M	150 M
>30 User ≤ 40 User	220 M	200 M
>40 User ≤ 50 User	270 M	250 M
>50 User ≤ 60 User	320 M	300 M
>60 User ≤ 70 User	370 M	350 M
>70 User	400 M	400 M

Pada tabel 6 menunjukkan bahwa *PCQ* akan diatur sesuai dengan banyaknya *user*. Jika *user* kurang sama dengan 10 maka, *max-limit* sebesar 70 M dan *limit-at* 50 M. Perubahan *max-limit* dan *limit-at* terjadi setiap kelipatan 10 *user* pada jaringan, hingga lebih dari 70 *user*. Sedangkan perubahan *max-limit* dan *limit-at* terjadi perubahan dengan kelipatan 50 M sampai *max-limit* dan *limit-at* sebesar 400 M.

c. Limitasi *bandwidth YouTube*

Rencana konfigurasi limitasi aplikasi *YouTube* pada metode *simple queue* di tunjukkan pada tabel 7 di bawah ini:

Tabel 7. Rencana Limitasi YouTube pada Simple queue

<i>Simple queue</i>				
Kondisi Jam Sibuk 1 dan 2			Kondisi Istirahat	
<i>Bridge Kampus 1</i>	<i>Max-limit</i>	<i>Limit-At</i>	<i>Max-limit</i>	<i>Limit-At</i>
<i>Ether 4</i>	13 M	5 M	15 M	5 M
<i>Ether 5</i>	13 M	5 M	15 M	5 M
<i>Ether 6</i>	13 M	5 M	15 M	5 M
<i>Ether 7</i>	13 M	5 M	15 M	5 M
<i>Ether 9</i>	13 M	5 M	15 M	5 M
<i>Ether 11</i>	13 M	5 M	15 M	5 M

Berdasarkan tabel 7 diketahui bahwa target yang akan di konfigurasi limitasi *YouTube* pada metode *simple queue* sebanyak 6 ether, saat kondisi sibuk 1 dan 2 *max-limit* akan di atur sebesar 13 M dan *limit-at* sebesar 5 M. sedangkan untuk kondisi istirahat diatur dengan *max-limit* 15 M dan *limit-at* 5 M.

Untuk rencana konfigurasi limitasi aplikasi *YouTube* pada metode *per connection queue (PCQ)* di tunjukkan pada tabel 8 di bawah ini:

Tabel 8. Rencana Limitasi YouTube pada PCQ

<i>PCQ</i>		
	<i>Max-limit</i>	<i>Limit-At</i>
≤ 10 User	20 M	10 M
>10 User ≤ 20 User	50 M	30 M
>20 User ≤ 30 User	80 M	50 M
>30 User ≤ 40 User	120 M	90 M
>40 User ≤ 50 User	150 M	100 M
>50 User ≤ 60 User	180 M	150 M
>60 User ≤ 70 User	180 M	150 M
>70 User	100 M	100 M

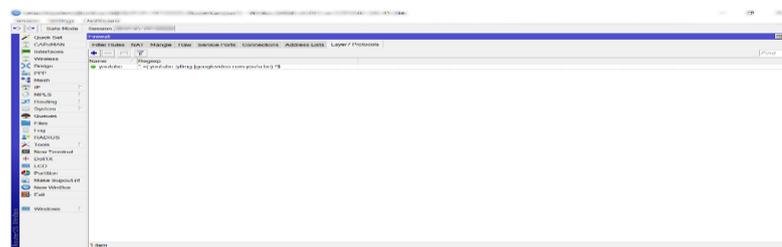
Berdasarkan tabel 8 menunjukkan bahwa limitasi *YouTube* untuk metode *PCQ* akan diatur sesuai dengan banyaknya *user*. Jika *user* kurang sama dengan 10 maka, *max-limit* sebesar 20 M dan *limit-at* 10 M. Perubahan *max-limit* dan *limit-at* terjadi setiap kelipatan 10 *user* pada jaringan, hingga lebih dari 70 *user*. Sedangkan perubahan *max-limit* dengan kelipatan 30 M dan *limit-at* dengan kelipatan 20 M, hingga saat *user* lebih dari 70 *max-limit* dan *limit-at* menjadi sebesar 100 M.

3.3 Action Taking

Setelah menyusun rencana tindakan untuk mengatasi permasalahan yang telah diidentifikasi, langkah berikutnya adalah melaksanakan proses konfigurasi jaringan sesuai dengan langkah-langkah yang telah direncanakan sebelumnya. Peneliti akan mengimplementasikan pengaturan teknis berdasarkan susunan rencana tersebut, yang mencakup penerapan sistem manajemen *bandwidth*, optimasi perangkat jaringan, dan penyesuaian konfigurasi lainnya.

a. Konfigurasi Limitasi *bandwidth YouTube*

Berikut gambar konfigurasi *layer 7 protocol* di bawah ini:

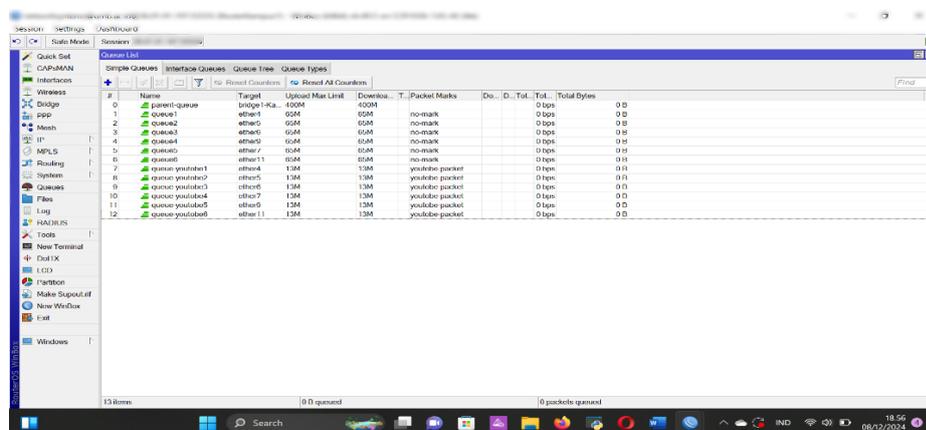


Gambar 4. Konfigurasi *Layer 7 Protocol*

Pertama pembuatan *layer 7 protocols*, peneliti menargetkan domain-domain yang sering diakses oleh pengguna saat membuka *YouTube*. Penargetan ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengelolaan *bandwidth* dapat diatur dengan lebih spesifik sesuai dengan kebutuhan, sehingga akses ke *YouTube* dapat dikontrol tanpa mengganggu kinerja jaringan secara keseluruhan. Dengan menerapkan *layer 7 protocols*, peneliti dapat mengidentifikasi dan mengatur lalu lintas data berdasarkan jenis aplikasi atau layanan yang digunakan oleh pengguna. Hal ini diharapkan membantu meningkatkan efisiensi dan kestabilan jaringan. Selanjutnya, peneliti akan membuat dua *Mark Mangle* sebagai langkah untuk membatasi penggunaan *bandwidth* pada akses *YouTube*. *Mark mangle* adalah salah satu fitur dalam perangkat jaringan yang berfungsi untuk menandai paket data berdasarkan aturan tertentu, seperti jenis layanan, alamat *IP*, atau *port* yang digunakan.

b. Konfigurasi metode *Simple queue*

Berikut gambar konfigurasi *simple queue* di bawah ini:

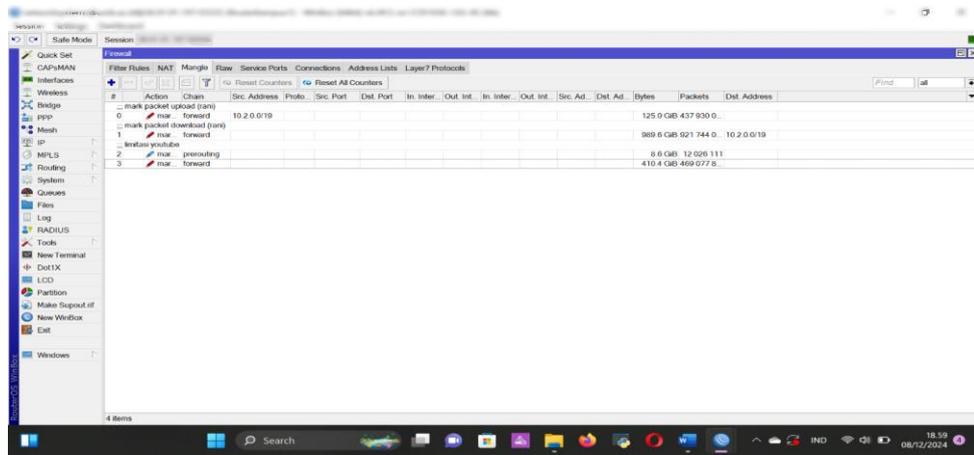


Gambar 5. Konfigurasi *simple queue*

Antrian pertama berfungsi sebagai *parent queue* yang mewakili total *bandwidth* jaringan secara keseluruhan. Antrian ini digunakan untuk mengatur dan memantau penggunaan total kapasitas jaringan. Selanjutnya, terdapat 6 *child queue* yang dirancang khusus untuk mengatur alokasi *bandwidth* umum bagi berbagai kebutuhan pengguna. Antrian ini bertugas memastikan bahwa penggunaan *bandwidth* terbagi secara adil dan efisien di antara pengguna atau layanan lain di jaringan. Selain itu, terdapat 6 *child queue* tambahan yang secara khusus dibuat untuk membatasi *bandwidth* yang digunakan oleh layanan *YouTube*. Antrian ini dirancang untuk mengatur lalu lintas data yang terkait dengan *YouTube*, agar tidak menghabiskan kapasitas *bandwidth* secara berlebihan dan mengganggu layanan jaringan lainnya.

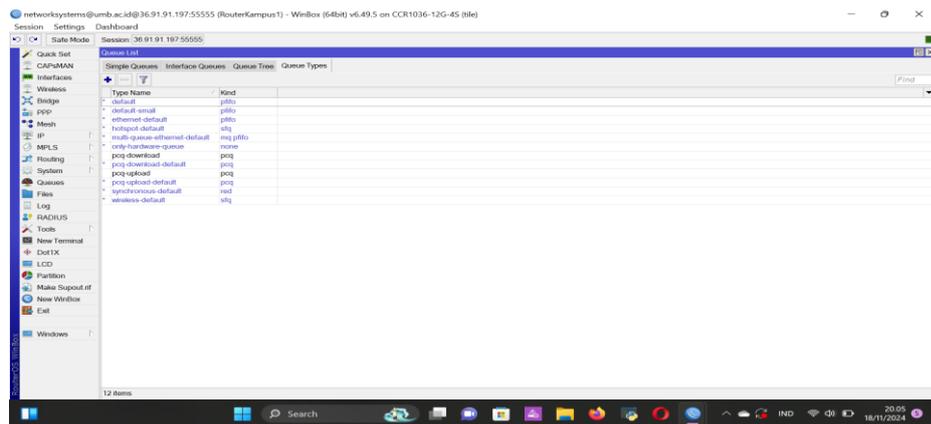
c. Konfigurasi *Per Connection Queue (PCQ)*

Dalam konfigurasi *PCQ (per connection queue)*, langkah pertama adalah membuat dua *mark mangle* yang menargetkan alamat ip bridge kampus 1. *Mark mangle* ini digunakan untuk menandai paket data yang berasal dari atau menuju jaringan kampus 1, seperti gambar 6 di bawah ini.



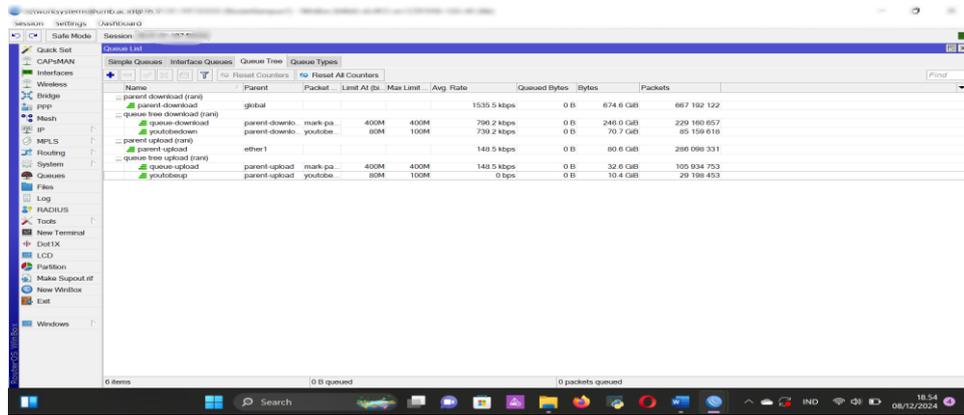
Gambar 6. *Mark Mangle*

Lalu peneliti menerapkan *queue types*, peneliti akan membuat dua *PCQ*, yaitu *PCQ download* dan *PCQ upload*. *PCQ download* mengatur *bandwidth* untuk trafik yang diterima pengguna, sementara *PCQ upload* untuk trafik yang dikirim pengguna. Dengan cara ini, pengelolaan *bandwidth* menjadi lebih seimbang antara *download* dan *upload*.



Gambar 7. Konfigurasi *per connection queue*

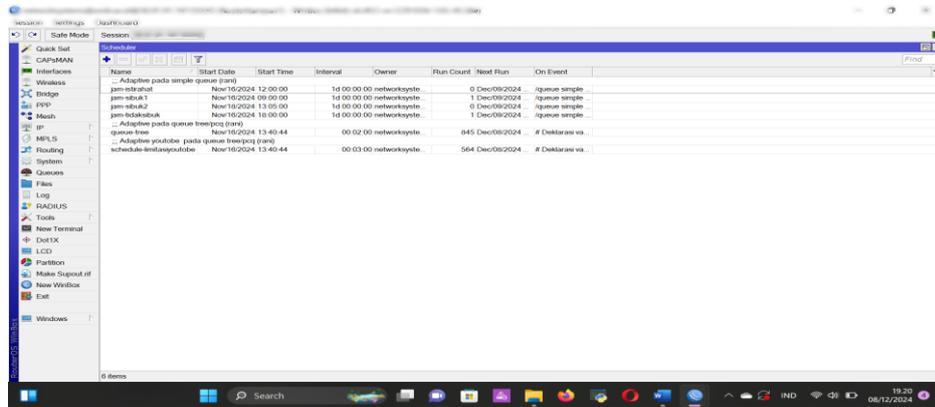
Selanjutnya *PCQ* ini akan dikombinasikan dengan *queue tree* untuk mengatur alokasi *bandwidth* lebih lanjut. Peneliti akan membuat *parent queue* untuk *download* dan *upload*, kemudian membuat *child queue* untuk masing-masing kategori, dengan pembatasan *bandwidth* khusus untuk lalu lintas *YouTube* pada setiap *download* dan *upload*. Langkah ini memastikan bahwa penggunaan *bandwidth* untuk *YouTube* tetap terkontrol, sementara alokasi untuk kebutuhan lainnya tetap berjalan dengan lancar.



Gambar 8. Konfigurasi Queue tree

d. Konfigurasi Scheduler

Berikut gambar konfigurasi scheduler di bawah ini:



Gambar 9. Konfigurasi scheduler

Terakhir konfigurasi scheduler untuk metode simple queue dan per connection queue (PCQ), yang bertujuan mempermudah administrator jaringan dalam mengelola dan memmanage jaringan. Dengan konfigurasi ini, batasan bandwidth dapat disesuaikan secara dinamis, mengikuti kondisi jaringan yang berubah, sehingga alokasi bandwidth dapat lebih efisien dan optimal.

3.4 Evaluating

Pada tahap ini, peneliti akan melakukan evaluasi terhadap kedua metode yang telah diterapkan sebelumnya dalam tiga kondisi berbeda. Evaluasi ini akan dilakukan dengan menganalisis quality of service (QoS) berdasarkan standar Tiphon. Quality of service (QoS) adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang berkualitas dengan memastikan kapasitas jaringan internet yang tersedia sesuai dengan kebutuhan dan standar yang telah ditetapkan[10][14]. Berikut parameter QoS yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan jaringan berdasarkan standar Tiphon (Telecommunications and internet protocol harmonization over network):

a. Throughput

Throughput merupakan pengukuran jumlah data yang berhasil di transfer dalam suatu priode waktu tertentu, semakin tinggi throughput, semakin efisien jaringan dalam mentransfer data[15][16]. Laju pengiriman data secara efektif, yang menunjukkan seberapa cepat data dapat ditransfer dalam suatu sistem, biasanya dinyatakan dalam bps (bit per detik)[17]. Berikut rumus pengukuran nilai throughput :

$$\frac{Bytes}{Time} = \dots \tag{1}$$

Tabel 9. Standarisasi Throughput Berdasarkan Tiphon[12]

Kategori Throughput	Throughput	Indeks
---------------------	------------	--------

Sangat Baik	>2,1 mbps	4
Baik	1,2 – 2,1 mbps	3
Sedang	700 – 1200 kbps	2
Kurang Baik	300 – 700 kbps	1

b. *Packet loss*

Packet loss adalah persentase kegagalan transmisi paket data yang hilang atau tidak sampai ke tujuan selama proses pengiriman melalui jaringan. Hal ini dapat terjadi akibat berbagai faktor, seperti kemacetan jaringan, gangguan sinyal, atau kesalahan perangkat keras, dan dapat mempengaruhi kualitas layanan[18][19]. Rumus untuk mengukur *packet loss* seperti berikut:

$$\frac{\text{Packet data terkirim} - \text{packet data diterima}}{\text{Packet data terkirim}} 100\% = \dots \quad (2)$$

Tabel 10. Standarisasi *Packet loss* Berdasarkan Tiphon[12]

Kategori <i>Packet loss</i>	<i>Packet loss</i>	Indeks
Sangat Baik	0%	4
Baik	≥ 3%	3
Sedang	≥ 15%	2
Kurang Baik	≥ 25%	1

c. *Delay*

Delay merupakan waktu tempuh yang diperlukan oleh data atau informasi untuk melakukan proses pengiriman dari mulai paket dikirim sampai paket diterima[13]. Berikut rumus perhitungan *delay* dari persamaan berikut:

$$\frac{\text{Total delay}}{\text{Jumlah packet diterima} - 1} = \dots \quad (3)$$

Tabel 11. Standarisasi *Delay* Berdasarkan Tiphon[12]

Kategori <i>Delay</i>	<i>Delay</i>	Indeks
Sangat Baik	<150 Ms	4
Baik	150 Ms – 300 Ms	3
Sedang	300 Ms – 450 Ms	2
Kurang Baik	>450 Ms	1

d. *Jitter*

Jitter adalah jumlah dari variasi *delay packet* data dari titik awal ke titik akhir pengiriman paket data dan diukur dengan satuan *millisecond*[20]. Rumus perhitungan *jitter* dari persamaan berikut:

$$\frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total packet diterima} - 1} = \dots \quad (4)$$

Tabel 12. Standarisasi *Jitter* Berdasarkan Tiphon[12]

Kategori <i>Jitter</i>	<i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Baik	0 ms	4
Baik	0 ms – 75 ms	3
Sedang	75 ms – 125 ms	2
Kurang Baik	125 ms - 225 ms	1

3.5 Learning

Tahap terakhir ini akan membandingkan hasil *quality of service (QoS)* sebelum dan sesudah penerapan manajemen *bandwidth*, dengan menganalisis *QoS* berdasarkan standar Tiphon. Perbandingan ini bertujuan untuk menentukan metode mana yang paling efektif dalam mengoptimalkan layanan jaringan di kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu. Analisis akan fokus pada parameter-parameter seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* untuk melihat dampak dari kedua metode yang diterapkan terhadap kinerja jaringan. Hasil perbandingan tersebut akan disajikan dalam bentuk grafik untuk memudahkan pemahaman dan interpretasi. Adapun salah satu hasil pengecekan pembagian *bandwidth* pada saat kondisi sibuk 1 dengan penerapan metode *per connection queue (PCQ)* menggunakan *speedtest* pada gambar 10 dibawah ini:



Gambar 10. Hasil speedtest

Speedtest digunakan untuk mengukur kecepatan koneksi internet yang sedang digunakan dalam proses pengiriman (*upload*) dan penerimaan (*download*) data[21]. Pada gambar 10 menunjukkan hasil speedtest pada saat kondisi sibuk 1 dengan penerapan PCQ yang mendapatkan unduh (*download*) sebesar 6.35 mbps dan unggah (*upload*) sebesar 7.35 mbps.

a. *Throughput*

Hasil Pengukuran *throughput* sebelum dan setelah dilakukan konfigurasi *simple queue*, PCQ dan limitasi YouTube pada tiga kondisi yaitu, kondisi sibuk 1, kondisi sibuk 2 dan kondisi istirahat dapat dilihat pada tabel 13, 14 dan 15 di bawah ini:

Tabel 13. *Throughput Simple queue dan PCQ* Kondisi Sibuk 1

Kondisi Jam Sibuk1				
	Bytes	Time	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	251762390	10563,743	190,856 Kbps	1
<i>Simple queue</i> +Limitasi YouTube	482613010	10124,869	381,33 Kbps	1
PCQ+Limitasi YouTube	380816369	10155,040	300,01 Kbps	1

Berdasarkan hasil yang terdapat pada tabel 13, bahwa besaran *throughput* pada kondisi sibuk 1 tanpa manajemen 190,856 kbps dengan kategori kurang baik dan mendapat posisi terendah dari ketiga kondisi. Sedangkan posisi tertinggi *throughput* adalah dengan *simple queue* dan limitasi YouTube sebesar 381,33 kbps dengan kategori kurang baik. Dan untuk PCQ dengan Limitasi YouTube sebesar 300,01 kbps dengan kategori terendah.

Tabel 14. *Throughput Simple queue dan PCQ* Kondisi Istirahat

Kondisi Jam Istirahat				
	Bytes	Time	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	30447755	4185,087	58,21 Kbps	1
<i>Simple queue</i> +Limitasi YouTube	59509522	3491,494	136,36 Kbps	1
PCQ+Limitasi YouTube	370786675	3783,226	784,07 Kbps	2

Pada tabel 14 diketahui nilai *throughput* saat kondisi istirahat tanpa manajemen 58,21 kbps dengan kategori kurang baik dan dengan penerapan *simple queue plus* limitasi YouTube sebesar 136,36 kbps. Sedangkan PCQ dan limitasi YouTube 784,07 kbps dengan kategori baik.

Tabel 15. *Throughput Simple queue dan PCQ* Kondisi Sibuk 2

Kondisi Jam Sibuk2				
	Bytes	Time	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	164382467	10539,472	124,78 Kbps	1
<i>Simple queue</i> +Limitasi YouTube	139112560	10814,007	102,92 Kbps	1
PCQ+Limitasi YouTube	112703663	10155,024	88,79 Kbps	1

Pada tabel 15, menunjukkan *throughput* tanpa manajemen sebesar 124,78 kbps dan penerapan *simple queue plus* limitasi YouTube 102,92 kbps. Sedangkan PCQ plus limitasi YouTube 88,79 kbps, ketiga kondisi berada pada kategori kurang baik.

b. *Packet loss*

Hasil Pengukuran *packet loss* sebelum dan setelah dilakukan konfigurasi *simple queue*, *PCQ* dan limitasi *YouTube* pada tiga kondisi yaitu, kondisi sibuk 1, kondisi sibuk 2 dan kondisi istirahat dapat dilihat pada tabel 16, 17 dan 18 di bawah ini:

Tabel 16. *Packet loss Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 1*

Kondisi Jam Sibuk1				
	Packet Terkirim	Packet Diterima	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	600908	600908	0 %	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	762413	762413	0 %	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	591792	591792	0 %	4

Pada tabel 16 dapat dilihat bahwa, *packet loss* pada kondisi sibuk 1 tanpa manajemen, *simple queue plus* limitasi *YouTube* dan *PCQ plus* limitasi *YouTube* sebesar 0 % dengan kategori sangat baik.

Tabel 17. *Packet loss Simple queue dan PCQ Kondisi Istirahat*

Kondisi Jam Istirahat				
	Packet Terkirim	Packet Diterima	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	97221	97221	0 %	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	185295	185295	0 %	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	385025	385025	0 %	4

Hasil dari tabel 17 diketahui bahwa, tanpa manajemen, *simple queue plus* limitasi *YouTube* dan *PCQ plus* limitasi *YouTube* memiliki nilai *packet loss* sama yaitu, sebesar 0% dengan kategori sangat bagus.

Tabel 18. *Packet loss Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 2*

Kondisi Jam Sibuk2				
	Packet Terkirim	Packet Diterima	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	37990	37990	0 %	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	598121	598121	0 %	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	388825	388825	0 %	4

Pada tabel 18 menunjukkan hasil *packet loss* di kondisi sibuk 2 tanpa manajemen, *simple queue* dengan limitasi *YouTube* dan *PCQ* dengan limitasi *YouTube* sebesar 0% yang mendapat kategori sangat baik.

c. *Delay*

Hasil Pengukuran *delay* sebelum dan setelah dilakukan konfigurasi *simple queue*, *PCQ* dan limitasi *YouTube* pada tiga kondisi yaitu, kondisi sibuk 1, kondisi sibuk 2 dan kondisi istirahat dapat dilihat pada tabel 19, 20 dan 21 di bawah ini:

Tabel 19. *Delay Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 1*

Kondisi Jam Sibuk 1				
	Total Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	10,56374259	600908-1	1,77 Ms	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,12487	762413-1	1,34 Ms	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,15503956	591792-1	1,72 Ms	4

Tabel 19 hasil dari perhitungan *delay* pada kondisi sibuk 1 tanpa manajemen 1,77 ms dengan kategori sangat baik posisi terendah. *Simple queue plus* limitasi *YouTube* sebesar 1,34 ms kategori sangat baik dengan posisi tertinggi dan *PCQ plus* limitasi *YouTube* 1,72 ms dengan kategori sangat baik.

Tabel 20. *Delay Simple queue dan PCQ Kondisi Istirahat*

Kondisi Jam Istirahat				
	Total Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	5,089174	97221-1	1,87 Ms	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	3,491494	185295-1	1,89 Ms	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	3,78322592	385025-1	9,83 Ms	4

Pada tabel 20 menunjukkan kondisi istirahat memiliki *delay* saat tanpa manajemen 1,87 ms dengan kategori sangat baik dan *simple queue plus* limitasi *YouTube* 1,89 ms dengan kategori sangat baik. Sedangkan *PCQ* dan limitasi *YouTube* sebesar 9,83 ms dengan kategori sangat baik.

Tabel 21. Delay Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 2

Kondisi Jam Sibuk2				
	Total Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	10,5394718	37990-1	2,78 Ms	4
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,81401	598121-1	1,82 Ms	4
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,15502403	388825-1	2,62 Ms	4

Berdasarkan tabel 21 tanpa manajemen memiliki *delay* 2,78 ms dengan kategori sangat baik dan *simple queue* dengan limitasi *YouTube* 1,82 ms kategori sangat baik. Sedangkan *PCQ* dan limitasi *YouTube* sebesar 2,62 ms dengan kategori sangat baik.

d. *Jitter*

Hasil Pengukuran *jitter* sebelum dan setelah dilakukan konfigurasi *simple queue*, *PCQ* dan limitasi *YouTube* pada tiga kondisi yaitu, kondisi sibuk 1, kondisi sibuk 2 dan kondisi istirahat dapat dilihat pada tabel 22, 23 dan 24 di bawah ini:

Tabel 22. Jitter Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 1

Kondisi Jam Sibuk1				
	Total Variasi Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	10,56374219	600907-1	1,77 Ms	3
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,12485	762412-1	1,34 Ms	3
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,15500781	591791-1	1,72 Ms	3

Tabel 22 menunjukkan bahwa saat kondisi sibuk 1, tanpa manajemen memiliki *jitter* 1,77 ms dengan kategori baik. *Simple queue* dan limitasi *YouTube* memiliki hasil *jitter* 1,34 ms dengan kategori baik, sedangkan *PCQ* dan limitasi *YouTube* 1,72 ms dengan kategori baik.

Tabel 23. Jitter Simple queue dan PCQ Kondisi Istirahat

Kondisi Jam Istirahat				
	Total Variasi Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	5,089054	97220-1	1,87 Ms	3
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	3,491469	185294-1	1,89 Ms	3
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	3,783173946	385024-1	9,83 Ms	3

Berdasarkan hasil pada tabel 23 pada kondisi istirahat, tanpa manajemen memiliki *jitter* 1,87 ms dengan kategori baik. *Simple queue* dan limitasi *YouTube* memiliki *jitter* 1,89 ms dengan kategori baik, sedangkan *PCQ* dan limitasi *YouTube* di posisi terendah memiliki *jitter* 9,83 ms dengan kategori baik.

Tabel 24. Jitter Simple queue dan PCQ Kondisi Sibuk 2

Kondisi Jam Sibuk2				
	Total Variasi Delay	Paket Terkirim-1	Hasil	Indeks
Tanpa Manajemen	10,5394718	37990-1	2,77 Ms	3
<i>Simple queue</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,81383	598120-1	1,82 Ms	3
<i>PCQ</i> +Limitasi <i>YouTube</i>	10,1023998	388824-1	2,59 Ms	3

Pada tabel 24 diketahui bahwa, tanpa manajemen mendapatkan posisi terendah yang memiliki *jitter* sebesar 2,77 ms dengan kategori baik. *Simple queue* dan limitasi *YouTube* memiliki *jitter* 1,82 ms kategori baik dengan posisi tertinggi, sedangkan *PCQ* dan limitasi *YouTube* memiliki *jitter* 2,59 ms dengan kategori baik.

Dari hasil perhitungan *QoS* yang dilakukan sebelum dan sesudah penerapan manajemen *bandwidth*, terlihat bahwa *throughput* mengalami peningkatan signifikan pada metode *simple queue*, yang berhasil meningkatkan *throughput*, *delay*, dan *jitter* di hampir semua kondisi. Meskipun tidak ada perubahan drastis pada indeksnya, terdapat peningkatan yang cukup berarti, yang menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan *simple queue* memberikan dampak positif terhadap kinerja jaringan. Namun, pada *PCQ* (*per connection queue*), peningkatan *throughput* hanya terjadi pada kondisi istirahat. Meskipun demikian, *PCQ* mengubah indeks *throughput* dari 1 menjadi 2, dengan nilai *throughput* mencapai 784,07 kbps, sedangkan *simple queue* mencapai 136,36 kbps dan tanpa manajemen hanya 58,21 kbps, yang menunjukkan adanya

perubahan yang cukup signifikan. Di sisi lain, pada parameter *delay* dan *jitter*, *PCQ* tidak berhasil memberikan peningkatan yang diharapkan; kedua parameter tersebut malah mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun *PCQ* dapat meningkatkan *throughput* dalam kondisi tertentu, metode ini kurang efektif dalam mengoptimalkan kualitas layanan secara keseluruhan, terutama terkait dengan *delay* dan *jitter*. Untuk parameter *packet loss*, kedua metode *queue* dan kondisi tanpa manajemen berhasil mendapatkan nilai yang sempurna (0%), menunjukkan bahwa tidak ada kehilangan paket yang signifikan pada jaringan yang diuji.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada jaringan kampus 1 Universitas Muhammadiyah Bengkulu, perbandingan antara metode *simple queue* dan *PCQ* (*per connection queue*) menunjukkan perbedaan signifikan dalam peningkatan performa jaringan, terutama dalam *throughput*, *delay*, dan *jitter*. *Simple queue* memberikan peningkatan yang konsisten di hampir semua kondisi pengujian. Meskipun peningkatan tersebut tidak mengubah indeks performa jaringan secara drastis, yang menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menjaga performa jaringan secara menyeluruh. Selain itu, *simple queue* juga berhasil mengurangi *delay* (waktu tunda pengiriman data) dan *jitter* (fluktuasi data), sehingga koneksi jaringan menjadi lebih stabil dan responsif. Hal ini menjadikan *simple queue* sebagai metode yang baik untuk meningkatkan kualitas jaringan di berbagai kondisi beban.

Di sisi lain, metode *PCQ* menunjukkan performa yang berbeda. *PCQ* memberikan peningkatan *throughput* yang lebih signifikan dibandingkan *simple queue*, namun hanya pada kondisi istirahat, yakni ketika beban jaringan lebih rendah. Pada kondisi tersebut, *throughput PCQ* mencapai 784,07 kbps, jauh lebih tinggi dibandingkan *simple queue*. Indeks *throughput* pun mengalami peningkatan dari 1 menjadi 2, menunjukkan bahwa *PCQ* mampu memaksimalkan kinerja *bandwidth* saat kapasitas jaringan tidak penuh. Akan tetapi, pada kondisi beban yang lebih tinggi, *PCQ* tidak memberikan peningkatan *throughput* yang berarti. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas *PCQ* menurun seiring meningkatnya jumlah pengguna yang aktif atau ketika beban jaringan semakin padat.

Secara keseluruhan, kedua metode memiliki keunggulan masing-masing sesuai dengan tujuan penggunaannya. Jika tujuan utama adalah meningkatkan performa jaringan secara merata dan memastikan stabilitas dalam berbagai kondisi, *simple queue* menjadi pilihan yang lebih efektif. Namun, jika tujuan utamanya adalah pemerataan *bandwidth* di antara banyak pengguna, terutama dalam kondisi beban rendah, maka *PCQ* lebih diunggulkan. Dengan mempertimbangkan hasil penelitian ini, pemilihan metode manajemen *bandwidth* harus disesuaikan dengan kebutuhan jaringan, baik untuk mengoptimalkan performa secara keseluruhan maupun untuk membagi *bandwidth* secara adil antara pengguna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Allah SWT atas rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Saya juga menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada orang tua dan keluarga atas doa, dukungan, serta motivasi yang tak pernah henti. Ucapan terima kasih yang tulus juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan arahan, bimbingan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penelitian ini berlangsung. Tak lupa, terima kasih kepada teman-teman yang telah memberikan bantuan, semangat, dan masukan yang berharga selama proses penelitian ini. Semoga kebaikan dan dukungan yang diberikan mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

REFERENCES

- [1] A. K. Nalendra, *Manajemen Jaringan Komputer*, Edisi Pert. Blitar: Pustaka Akademi Komunitas Indonesia.
- [2] R. Ridobillah *et al.*, "Menggunakan Metode Queue Tree dan Pcq Di ICT Ummi," vol. 8, no. 5, pp. 10147–10154, 2024.
- [3] U. A. Y. Melwin Syafrizal, *Pengantar Jaringan Komputer*. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2020.
- [4] Ahmad Syafiq, Andriyan Dwi Putra, and Firman Asharudin, "Penerapan Manajemen *bandwidth* Dan Filtering Website Menggunakan Layer 7 Pada MikroTik Di Tajir.Net," *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 366–372, 2023.
- [5] A. D. Riyanto, "Hootsuite (We are Social): Data Digital Indonesia 2024," *andi.link*, 2024. [Online]. Available: <https://andi.link/hootsuite-we-are-social-data-digital-indonesia-2024/>. [Accessed: 23-Nov-2024].
- [6] F. M. Tangkelangi, "Optimasi Kinerja *Internet* Dengan Implementasi Metode Peer Connection Queue (*PCQ*) Untuk Manajemen *bandwidth* di Yayasan Bina Darma," *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 8, no. 4, 2024.

- [7] T. Z. J. Indra Laksana, Syukriadi, Romy Aulia, Teddy Yuliswar, *Jaringan Komputer Menggunakan MikroTik RouterOS*. Jawa Barat: Goresan Pena., 2023.
- [8] E. H. N. Mohamad Al Haudy Rizky, Arip Solehudin, "Optimalisasi *bandwidth* pada Jaringan *Internet* Menggunakan Metode Simple Queue dan Peer Connection Queue (Studi Kasus : PT . Paragon Pratama Teknologi)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 7856–7863, 2024.
- [9] E. M. Putra *et al.*, "Perbandingan Simple Queue, Queue Tree dan PCQ (Peer Connection Queue) untuk Manajemen *bandwidth* pada Jaringan *MikroTik*," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. XI*, no. 9, pp. 1–5, 2023.
- [10] P. Yanuar, "Analisis Paket Manajemen *bandwidth* di Perusahaan Dengan Metode Simple Queue dan Quality Of Service," *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 11–18, 2023.
- [11] A. V. S. I. Pakpahan, "Implementasi Simple Queue Untuk Manajemen *bandwidth* Penggunaan *Internet* (Studi Kasus: SMK KP Baleendah)," *J. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, 2023.
- [12] ETSI, "Telecommunications and *Internet* Protocol Harmonization Over Networks (Tiphon); General aspects of Quality of Service (QoS)," *Etsi Tr 101 329 V2.1.1*, vol. 1, pp. 1–37, 2020.
- [13] R. Faishal Bari, A. Solehudin, and N. Heryana, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan *Internet* Berbasis Wireless Local Area Network pada Layanan Indihome," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 10, pp. 320–335, 2022.
- [14] F. B. Cahyono and W. Sulistyono, "Analisa Perbandingan QoS Menggunakan Metode Simple Queue dan Metode Queue Tree pada Hierarchical Network Design di Sekolah Dasar Negeri 2 Kelet," *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 7, no. 4, pp. 511–518, 2023.
- [15] I. S. N. Nisa, Rahmat Miyarno Saputro, Tegar Fatwa Nugroho, and Alfirna Rizqi Lahitani, "Analisis Quality of Service (QoS) Menggunakan Standar Parameter Tiphon pada Jaringan *Internet* Berbasis Wi-Fi Kampus 1 Unjaya," *Teknomatika J. Inform. dan Komput.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [16] A. A. Slameto and M. Khozinul Asror, "Analisis Perbandingan Kinerja Jaringan WLAN 2,4 Ghz Dan 5 Ghz Pada Proses Tethering Menggunakan Metode QoS," *J. Process.*, vol. 18, no. 2, 2023.
- [17] D. Nurjanah *et al.*, "Perbandingan QoS Simple Queue dan Queue Tree di Euclidean . Net," vol. 8, no. 2, pp. 77–84, 2023.
- [18] R. Pratama, J. Dedy Irawan, and M. Orisa, "Analisis Quality of Service Sistem Manajemen *bandwidth* Pada Jaringan Laboratorium Teknik Informatika Itn Malang," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 196–204, 2022.
- [19] J. Haryadi, N. Haidar Hari, and A. Faktchur Rachman, "Implementasi Manajemen *bandwidth* Dengan Metode Peer Connection Queue (PCQ) Di SMPN 2 Pademawu," *Larisa Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–13, 2024.
- [20] F. N. B. Zaki and L. Lukman, "Analisis Perbandingan Quality Of Service (QoS) Pada Video *Streaming* Dengan Metode PCQ Dan HTB Menggunakan Router *MikroTik*," *Respati*, vol. 16, no. 3, p. 25, 2021.
- [21] S. Komputer, V. A. Jamal, S. Ariessaputra, C. Mustiko, and O. Muvianto, "Analisis Perbandingan QoS Live *Streaming* Facebook dan Instagram di Kawasan Pariwisata Night Market Labuan Bajo," vol. 19, no. 2, pp. 240–254, 2024.