

Analisis Kinerja Jaringan Menggunakan Metode PCQ Manajemen *Bandwidth* Dengan Pendekatan *Network Development Life Cycle* (NDLC)

Emerensiana Co

Universitas Dhyana Pura, Program Studi Informatika, Jalan Raya Padang Luwih, Banjar Tegaljaya,
Dalung, Kuta Utara, Badung, Bali
E-Mail: 22121101032@undhirabali.ac.id

I Nyoman Bernadus

Universitas Dhyana Pura, Program Studi Informatika, Jalan Raya Padang Luwih, Banjar Tegaljaya,
Dalung, Kuta Utara, Badung, Bali
E-Mail: bernadus@undhirabali.ac.id

Putu Wida Gunawan

Universitas Dhyana Pura, Program Studi Informatika, Jalan Raya Padang Luwih, Banjar Tegaljaya,
Dalung, Kuta Utara, Badung, Bali
E-Mail: putuwida@undhirabali.ac.id

ABSTRACT

Bandwidth management is a critical aspect of computer network administration, especially in multi-user environments such as network laboratories. This study analyzes the performance of the Per Connection Queue (PCQ) method at the Network Laboratory of Dhyana Pura University, involving 36 client PCs with a 2 Mbps bandwidth limit per user. Measurements were carried out using Wireshark under peak and off-peak conditions, covering throughput, delay, packet loss, and jitter. During peak hours, throughput was 1.140 Mbps, delay was 12,22 ms, packet loss was 2,03%, and jitter was 7,17 ms. During off-peak hours, throughput was 1.603 Mbps, delay was 5,67 ms, packet loss was 0,82%, and jitter was 2,24 ms. Based on TIPHON standards, throughput and jitter are classified as Good, while packet loss and delay are classified as Very Good. These findings confirm that the PCQ method on Mikrotik distributes bandwidth fairly and efficiently to all network users.

Keyword : Management Bandwidth, NDLC, PCQ, QoS

PENDAHULUAN

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, berbagai sektor turut mengalami transformasi, termasuk di dalamnya dunia pendidikan tinggi.[1][2]. Perguruan tinggi sekarang ini semakin bergantung pada jaringan komputer sebagai media pendukung proses belajar mengajar, baik dalam kegiatan teori maupun praktikum[3]. Dalam pembelajaran berbasis praktik, jaringan komputer tidak hanya berfungsi sebagai media akses internet, tetapi juga menjadi komponen penting dalam menunjang aktivitas praktikum yang dilakukan secara bersamaan dan berkelanjutan. Kondisi ini menekankan pentingnya kualitas layanan jaringan guna menjamin kelancaran dan efektivitas proses pembelajaran[4].

Akan tetapi, kondisi jaringan yang digunakan secara simultan oleh sejumlah besar pengguna dengan karakteristik trafik yang beragam berpotensi menimbulkan permasalahan serius dalam distribusi *bandwidth*. Pada kondisi beban jaringan yang tinggi, tanpa penerapan mekanisme manajemen *bandwidth* yang tepat, alokasi *bandwidth* cenderung tidak merata sehingga sebagian pengguna dapat mengalami penurunan kualitas layanan secara signifikan.

Permasalahan ini menjadi semakin krusial di lingkungan laboratorium komputer, mengingat setiap pengguna memerlukan akses jaringan yang relatif setara guna mendukung kelancaran aktivitas praktikum yang dilaksanakan secara bersamaan.

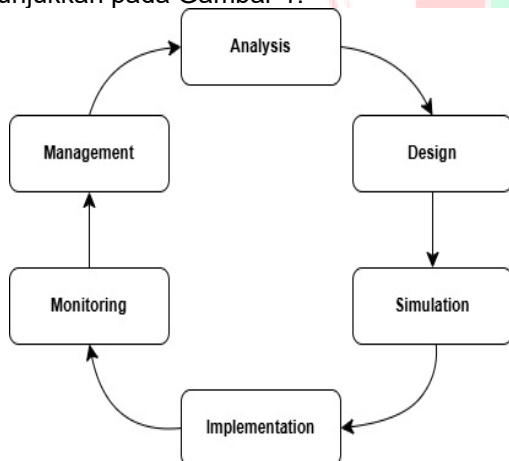
Manajemen *bandwidth* merupakan salah satu solusi teknis yang diterapkan untuk mengatur distribusi kapasitas jaringan secara adil dan terkontrol[2][5]. Berbagai metode manajemen *bandwidth* telah dikembangkan, di antaranya *Simple Queue*, HTB, dan PCQ[6]. Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan metode PCQ pada jaringan umum dan menunjukkan hasil yang positif dalam pemerataan *bandwidth*[3], namun kajian spesifik mengenai kinerjanya di lingkungan laboratorium jaringan perguruan tinggi masih sangat terbatas. Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Per Connection Queue* (PCQ) yang unggul dalam pemerataan *bandwidth* antar pengguna karena mekanisme pembagiannya yang bersifat otomatis berdasarkan jumlah koneksi aktif[7][8].

Universitas Dhyana Pura (UNDHIRA) merupakan perguruan tinggi swasta di Provinsi Bali yang memiliki Laboratorium Jaringan Komputer yang dimiliki Program Studi Informatika. Laboratorium tersebut digunakan secara intensif

dalam kegiatan perkuliahan dan praktikum dengan 35 unit komputer mahasiswa dan 1 unit komputer dosen secara bersamaan, sehingga pengelolaan *bandwidth* menjadi aspek krusial dalam menjaga stabilitas kualitas layanan jaringan. Belum terdapatnya kajian yang secara spesifik menganalisis kinerja metode PCQ di lingkungan laboratorium tersebut menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini. Penelitian ini menganalisis kinerja metode PCQ yang dikonfigurasi pada router MikroTik menggunakan *Network Development Life Cycle (NDLC)* dengan parameter *Quality of Service (QoS)* meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi teknis dalam penerapan metode manajemen *bandwidth* yang efektif di Laboratorium Jaringan Universitas Dhyana Pura.

METODE PENELITIAN

Metode *Network Development Life Cycle (NDLC)* Penelitian ini dilaksanakan pada Laboratorium Jaringan Universitas Dhyana Pura dengan jumlah 36 unit komputer yang terdiri dari 1 unit komputer dosen dan 35 unit komputer mahasiswa yang digunakan secara simultan. Metode yang digunakan adalah *Network Development Life Cycle (NDLC)* yang meliputi tahapan analysis, design, simulation, implementation, monitoring, dan management untuk mengevaluasi kinerja manajemen *bandwidth*[9][10]. Tahapan metode NDLC yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *Network Development Life Cycle*

1. Analysis

Tahap analysis dilakukan untuk mengidentifikasi kondisi jaringan dan permasalahan yang terjadi, seperti ketidakmerataan *bandwidth*.

2. Design

Tahap design meliputi perancangan topologi jaringan serta skenario pengujian menggunakan metode Per Connection Queue (PCQ).

3. Simulation

Tahap simulation dilakukan dengan melakukan uji coba awal konfigurasi untuk memastikan sistem berjalan sesuai perancangan.

4. Implementation

Tahap implementation dilakukan dengan menerapkan metode PCQ pada router MikroTik

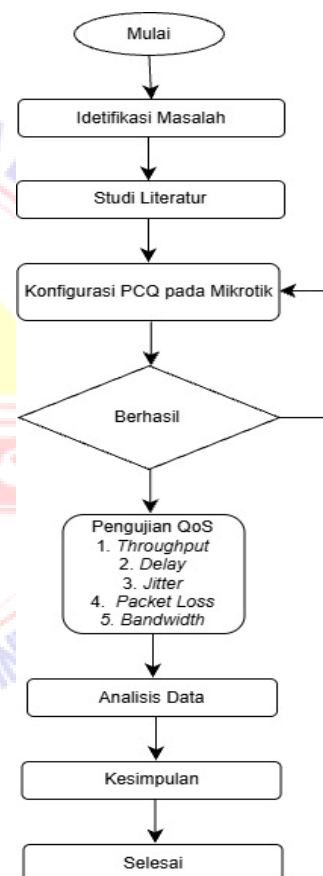
5. Monitoring

Tahap monitoring dilakukan dengan mengukur parameter *Quality of Service (QoS)* seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss.

6. Management

Tahap management dilakukan dengan menganalisis hasil pengujian untuk menentukan hasil metode.

Adapun Kerangka berpikir yang telah dibuat oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Berpikir

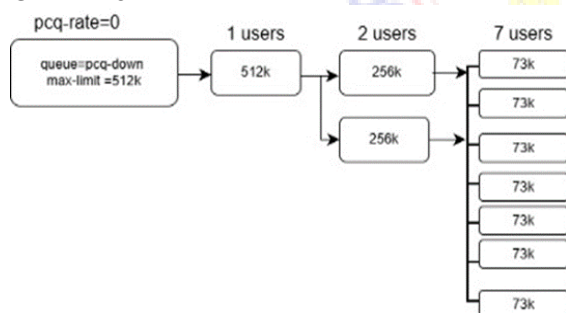
Berikut adalah penjelasan dari Kerangka Berpikir pada gambar 2 tersebut:

1. Tahap pertama yang penulis lakukan adalah melakukan identifikasi masalah, dimana penulis akan mengidentifikasi permasalahan jaringan internet di Laboratorium Jaringan Universitas Dhyana Pura
2. Tahap kedua adalah melakukan studi literatur, dimana penulis akan mencari dan membaca jurnal-jurnal terkait manajemen *bandwidth*, parameter *Quality of Service (QoS)*, serta karakteristik metode PCQ

3. Tahap ini dilakukan penerapan metode *Per Connection Queue* (PCQ) pada router untuk mengatur pembagian bandwidth berdasarkan jumlah PC
4. Pengujian *Quality of Service* untuk mengukur performa jaringan pada metode PCQ manajemen *bandwidth*. Pengukuran dilakukan selama 3 hari dengan pembagian kondisi jaringan sibuk dan tidak sibuk, capture data menggunakan software *wireshark*. Parameter QoS yang diukur meliputi *throughput delay*, *packet loss jitter*, dan *bandwidth* selama aktivitas YouTube
5. Di bagian akhir penelitian ini, disajikan kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis terhadap penerapan metode PCQ dalam pengelolaan bandwidth.

Metode *Per Connection Queue* (PCQ)

Per Connection Queue (PCQ) adalah salah satu metode yang tersedia pada router MikroTik untuk melakukan pembagian *bandwidth* secara otomatis ke setiap koneksi yang sedang aktif. Cara kerja metode ini yaitu dengan membentuk *sub-queue* berdasarkan *classifier* tertentu, sehingga setiap klien yang terhubung akan memperoleh porsi bandwidth yang sama rata[11][12]. Pada kondisi hanya satu klien yang aktif, *bandwidth* dapat digunakan secara maksimal oleh klien tersebut. Namun, ketika beberapa klien aktif secara bersamaan, bandwidth akan dibagi secara proporsional sehingga tercapai pemerataan penggunaan jaringan. Mekanisme ini menjadikan PCQ efektif dalam menjaga keadilan distribusi bandwidth antar pengguna[13]. Proses kerja metode PCQ dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Metode PCQ

Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) diterapkan untuk menilai kualitas layanan jaringan berdasarkan kemampuan dalam mengelola trafik data agar tetap stabil dan optimal[14]. Pengukuran QoS dalam penelitian ini mengacu pada standar TIPHON dengan parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* untuk mengevaluasi kinerja metode manajemen bandwidth yang diuji[15].

1. Throughput

Throughput merupakan kecepatan transfer data efektif yang diukur dalam bit per detik (bps), yaitu jumlah data yang diterima di tujuan selama

periode waktu tertentu. Nilai *Throughput* dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumla data yang dikirim}}{\text{waktu pengirima data}} \dots (1)$$

Nilai *throughput* berdasarkan standar TIPHON diklasifikasikan ke dalam 5 (lima) kategori, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *Throughput*

Kategori	<i>Throughput</i>	<i>Indeks</i>
Sangat Bagus	>2,1 Mbps	4
Bagus	1,2 – 2,1 Mbps	3
Sedang	700 – 1200 Kbps	2
Buruk	338 – 700 Kbps	1
Sangat Buruk	0 – 338 Kbps	0

2. Latency (Delay)

Delay adalah waktu yang diperlukan oleh paket untuk mencapai tujuannya, yang dapat terjadi akibat antrian atau karena paket harus mengambil rute alternatif untuk menghindari penumpukan data. Nilai *Deley* dapat dihitung menggunakan Persamaan (2).

$$\text{Delay} = \frac{\sum(\text{Waktu Tiba-Waktu Kirim})}{\text{Total packet yang diterima}} \dots (2)$$

Nilai *delay* berdasarkan standar TIPHON diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) kategori, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori *Delay*

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

3. Jitter

Jitter adalah jeda waktu antar paket yang dikirim, atau variasi dari kedatangan paket yang disebabkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket yang dikirim. Nilai *Jitter* dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total versi delay}}{\text{Total packet yang diterima}} \dots (3)$$

Nilai *jitter* berdasarkan standar TIPHON diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) kategori, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori *Jitter*

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

4. Packet Loss

Packet loss merupakan suatu parameter dalam QoS yang menggambarkan kondisi di mana sejumlah paket data mengalami kehilangan selama proses pengiriman berlangsung. Nilai *Packet loss* dapat dihitung menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Packet loss} = \frac{\text{Paket terkirim-paket diterima}}{\text{Packet data yang diterima}} \dots (4)$$

Nilai *packet loss* berdasarkan standar TIPHON diklasifikasikan ke dalam 4 (empat) kategori, sebagaimana tercantum pada Tabel 4.

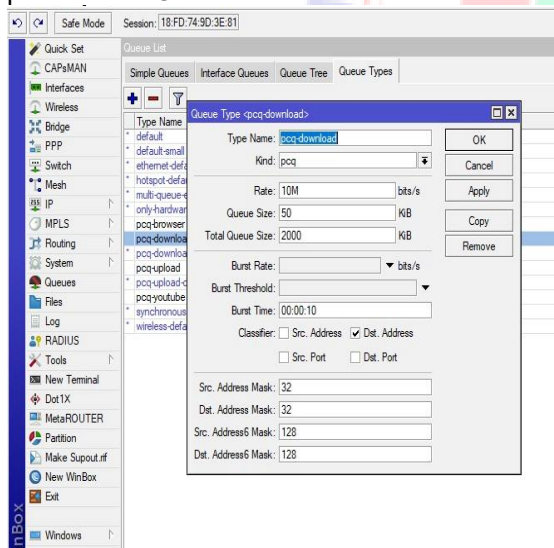
Tabel 4. Kategori *packet loss*

Kategori	Packet loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0 - <2	4
Bagus	2 – <15	3
Sedang	15 – <25	2
Jelek	>25	1

HASIL DAN PEMBAHASAN

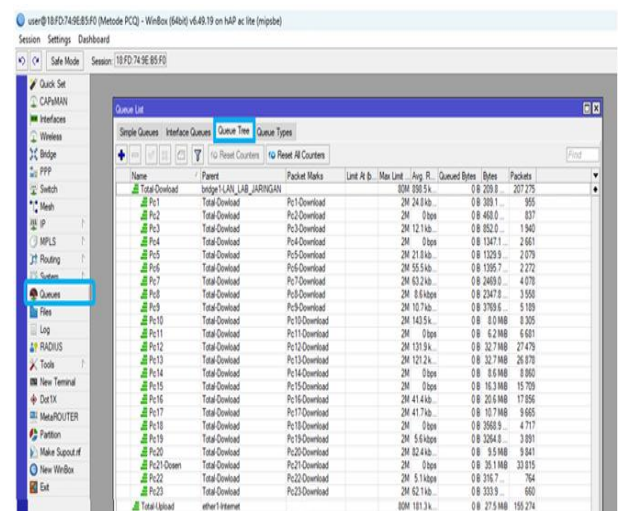
1. Konfigurasi Metode PCQ

Metode PCQ dikonfigurasi pada Router MikroTik RB941-2nD dengan total *bandwidth* 80 Mbps yang dibagi kepada 36 klien, sehingga setiap klien memperoleh alokasi *bandwidth* sebesar 2 Mbps. Konfigurasi dilakukan melalui pengaturan *Queue Type* dan *Queue Tree*, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Konfigurasi *Queue Types* PCQ

Implementasi PCQ dimulai dengan pembuatan *Queue Types* baru. Parameter *classifier Dst. Address* digunakan pada *Pcq-Download*



Gambar 5. Konfigurasi *Queue Types* PCQ

Manajemen *bandwidth* diimplementasikan menggunakan fitur Queue Tree dengan struktur *parent-child*. Seluruh klien (PC1-PC36) dikelompokkan di bawah parent Total Download dan Total Upload dengan Max Limit global sebesar 80 Mbps. Penggunaan metode PCQ di sini memungkinkan pembagian bandwidth secara dinamis, di mana setiap klien mendapatkan alokasi rata sebesar 2 Mbps guna menjamin keadilan (*fairness*) distribusi trafik pada kedua jalur saat penggunaan simultan di laboratorium.

2. Hasil Pengujian QoS Metode PCQ

Pengujian metode PCQ dilakukan selama 3 hari dengan dua sesi, dimana sesi jam sibuk pada jam 09.00-12.00 Wita jam sedangkan tidak sibuk dilakukan pada jam 13.00-16.00 Wita. Software wireshark digunakan dalam monitoring dan mengcapture paket data, sedangkan pada sisi bandwidth dengan menggunakan www.speedtest.net. Hasil pengujian QoS dengan metode PCQ dapat dilihat pada tabel 5 sampai 8.

a. Hasil Pengukuran Throughput

Berdasarkan standar TIPHON parameter *throughput* diklasifikasikan menjadi lima kategori dengan indeks penilaian dari 0 hingga 4. Nilai *throughput* di atas 2,1 Mbps dikategorikan Sangat Bagus (indeks 4), rentang 1,2–2,1 Mbps dikategorikan Bagus (indeks 3), rentang 700–1200 Kbps dikategorikan Sedang (indeks 2), rentang 338–700 Kbps dikategorikan Buruk (indeks 1), dan rentang 0–338 Kbps dikategorikan Sangat Buruk (indeks 0).

Tabel 5. Hasil Pengujian Throughput

Parameter	Kondisi	Hasil Rata-rata	Indeks
Throughput	Jam sibuk	1.140 Mbps	3
	Tidak sibuk	1.603 Mbps	3
Rata-rata		1,37 Mbps	3

b. Hasil Pengukuran Delay

Berdasarkan standar TIPHON, parameter *delay* diklasifikasikan menjadi empat kategori dengan indeks penilaian dari 1 hingga 4. Nilai *delay* di bawah 150 ms dikategorikan Sangat Bagus (indeks 4), rentang 150–300 ms dikategorikan Bagus (indeks 3), rentang 300–450 ms dikategorikan Sedang (indeks 2), dan nilai di atas 450 ms dikategorikan Jelek (indeks 1).

Tabel 6. Hasil Pengujian *Delay*

Parameter	Kondisi	Hasil Rata-rata	Indeks
<i>Delay</i>	Jam Sibuk	12,77 ms	4
	Tidak Sibuk	5,67 ms	4
Rata-rata		9,22 ms	4

c. Hasil Pengukuran *Packet Loss*

Berdasarkan standar TIPHON, parameter *packet loss* diklasifikasikan menjadi empat kategori dengan indeks penilaian dari 1 hingga 4. Nilai *packet loss* pada rentang 0–<2% dikategorikan Sangat Bagus (indeks 4), rentang 2–<15% dikategorikan Bagus (indeks 3), rentang 15–<25% dikategorikan Sedang (indeks 2), dan nilai di atas 25% dikategorikan Jelek (indeks 1).

Tabel 7. Hasil Pengujian *Packet loss*

Parameter	Kondisi	Hasil Rata-rata	Indeks
<i>Packet Loss</i>	Jam Sibuk	2,03%	3
	Tidak Sibuk	0,82%	4
Rata-rata		1,552%	4

d. Hasil Pengukuran *Jitter*

Berdasarkan standar TIPHON, parameter *jitter* diklasifikasikan menjadi empat kategori dengan indeks penilaian dari 1 hingga 4. Nilai *jitter* 0 ms dikategorikan Sangat Bagus (indeks 4), rentang 1–75 ms dikategorikan Bagus (indeks 3), rentang 75–125 ms dikategorikan Sedang (indeks 2), dan rentang 125–125 ms dikategorikan Jelek (indeks 1).

Tabel 8. Hasil Pengujian *Jitter*

Parameter	Kondisi	Hasil Rata-rata	Indeks
<i>Jitter</i>	Jam Sibuk	7,17 ms	3
	Tidak Sibuk	2,24 ms	3
Rata-rata		4,70 ms	3

e. Hasil pengujian *Bandwidth*

Tabel 9. Pengukuran *Upload* dan *Download*

Parameter	Kondisi	Upload	download
<i>Bandwidth</i>	Jam Sibuk	1,15	1,09
	Tidak Sibuk	1,87	1,73
Rata-rata		1,51 Mbps	1,41 Mbps

Hasil pengukuran *bandwidth* menggunakan Speedtest pada PC client yang dikonfigurasi dengan metode PCQ menunjukkan bahwa pada kondisi jam sibuk diperoleh kecepatan *download* sebesar 1,09 Mbps dan *upload* sebesar 1,15 Mbps. Pada kondisi tidak sibuk,

kecepatan *download* meningkat menjadi 1,73 Mbps dan *upload* sebesar 1,87 Mbps, dengan rata-rata *download* 1,41 Mbps dan *upload* 1,51 Mbps. Perbedaan nilai antara kondisi sibuk dan tidak sibuk menunjukkan bahwa metode PCQ bekerja secara dinamis dalam mendistribusikan *bandwidth* sesuai jumlah PC yg aktif sehingga setiap pengguna tetap memperoleh alokasi *bandwidth* yang proporsional meskipun jaringan dalam kondisi terbebani.

3. Hasil Perbandingan Pengujian QoS Metode PCQ

Berdasarkan hasil rata-rata pengukuran QoS pada kondisi jam sibuk dan tidak sibuk menggunakan metode PCQ diperoleh nilai *throughput* sebesar 1.37 Mbps yang masuk kategori Bagus, nilai *delay* sebesar 9,22 ms yang masuk kategori Sangat Bagus, nilai *packet loss* sebesar 1,425% yang masuk kategori Sangat Bagus, dan nilai *jitter* sebesar 4,70 ms yang masuk kategori Sangat Bagus berdasarkan standar TIPHON. Hasil ini menunjukkan bahwa metode PCQ mampu menjaga kualitas jaringan secara keseluruhan dalam kondisi jam sibuk maupun tidak sibuk di Laboratorium Jaringan Universitas Dhyana Pura.

Tabel 10. Hasil pengujian QoS metode PCQ

Kondisi Jaringan	Throughput (Mbps)	Delay (ms)	Packet Loss (%)	Jitter (ms)
Jam Sibuk	1.140	12,77	2,03%	7,17
Jam Tidak Sibuk	1.603	5,67	0,82%	2,24
Rata-rata	1.37	9,22	1,425%	4,70
Kategori	Bagus	Sangat Bagus	Sangat Bagus	Bagus

KESIMPULAN

Merujuk pada hasil pengujian dan analisis kinerja metode *Per Connection Queue* (PCQ) pada *router MikroTik* di Laboratorium Jaringan Universitas Dhyana Pura, dapat disimpulkan bahwa PCQ mampu membagi *bandwidth* secara merata kepada 36 pengguna dengan limit 2 Mbps per pengguna. Data yg didapatkan dalam pengukuran QoS menunjukkan nilai rata-rata *throughput* sebesar 1,37 Mbps (kategori Bagus), *delay* sebesar 9,22 ms (kategori Sangat Bagus), *packet loss* sebesar 1,425% (kategori Sangat Bagus), dan *jitter* sebesar 4,70 ms (kategori Bagus) berdasarkan standar TIPHON. Hasil pengukuran *bandwidth* menggunakan Speedtest menunjukkan rata-rata *download* sebesar 1.41 Mbps dan *upload* sebesar 1.87 Mbps. Secara keseluruhan, metode PCQ terbukti efektif dalam menjaga kualitas layanan jaringan pada kondisi jam sibuk maupun tidak sibuk, sehingga dapat direkomendasikan sebagai solusi manajemen *bandwidth* di lingkungan laboratorium jaringan dengan banyak pengguna aktif secara bersamaan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. Khalifattaqi, "Analysis of Quality of

- Service (QOS) on Whole Home Mesh Network with Wifi Connection,” *J. Soc. Sci.*, vol. 5, no. 5, pp. 1482–1490, 2024, doi: 10.46799/jss.v5i5.911.
- [2] M. R. Santosa, P. Purwanto, and A. Suharso, “Perbandingan Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Simple Queue Dan Queue Tree Pada Lawang Café Karawang,” *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3, pp. 3261–3268, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4961.
- [3] F. Ponco, A. Wibowo, and H. M. Jumasa, “Manajemen Bandwidth Berbasis QoS untuk Optimasi Jaringan di LKSA Muhammadiyah Purworejo,” vol. 4, no. 2, pp. 98–115, 2026.
- [4] V. D. Siregar, N. L. Marpaung, S. Hutabarat, E. Ervianto, Nurhalim, and R. Amri, “Perancangan Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Internet Menggunakan Hierarchical Token Bucket (HTB) Di SMAN 12 Pekanbaru,” *CSR/D J.*, vol. 17, no. 3, pp. 421–431, 2025, [Online]. Available: <https://www.doi.org/10.22303/csrid-17.3.2025.421-431>
- [5] C. Prihantoro, A. K. Hidayah, and S. Fernandez, “Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Jaringan Internet Universitas Muhammadiyah Bengkulu,” *Just TI (Jurnal Sains Terap. Teknol. Informasi)*, vol. 13, no. 2, p. 81, 2021, doi: 10.46964/justti.v13i2.750.
- [6] A. N. Yaqin and G. Gunawan, “Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Teknik Simple Queue Menggunakan Metode Pcq Pada High Traffic Network,” *Pros. Semin. Sos. Polit. Bisnis, Akunt. dan Tek.*, vol. 4, p. 377, 2022, doi: 10.32897/sobat.2022.4.0.1945.
- [7] Subhiyanto, “Implementasi Manajemen Bandwidth dengan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ) pada STMIK Antar Bangsa,” *J. Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 69–73, 2021, doi: 10.51998/jti.v7i2.436.
- [8] D. Saputra and B. Yulisa Geni, “Analisa Dan Perancangan Jaringan Wireless Local Area Network (Wlan) Dengan Menggunakan Metode Ndlc,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 2382–2389, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9395.
- [9] E. Arwanto and S. Lufti Mufreni, “Implementasi Jaringan Rt/Rw Net Perum Sleman Permai I Dengan Metode Ndlc,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 3797–3803, 2025, doi: 10.36040/jati.v9i3.13384.
- [10] H. Harjanto and G. Purnama, “Perancangan Dan Simulasi Jaringan Komputer Dengan Metode Pengembangan Network Development Life Cycle (Ndlc) Pada Kantor Cabang Pt. V2 Indonesia,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 8032–8039, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i4.10622.
- [11] A. W. Mahfuzi, D. Abdullah, U. Juhardi, M. Marhalim, and R. Pallas, “Implementasi Metode PCQ – Queue Tree Pada Router Mikrotik Untuk Meningkatkan Quality Of Service Jaringan Internet Di Desa Renah Semanek,” *J. Media Infotama*, vol. 19, no. 2, pp. 339–350, 2023, doi: 10.37676/jmi.v19i2.4173.
- [12] M. I. Iskandar, R. Satra, and L. Syafie, “Analisis Performansi Jaringan dengan Metode Per Connection Queue (PCQ) dan Hierarchical Token Bucket (HTB) di SMK Latanro Enrekang,” *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 4, no. 1, pp. 15–24, 2023, doi: 10.33096/busiti.v4i1.1503.
- [13] R. Ridobillah, D. Indrayana, and F. Frazna Az-Zahra, “Analisis Perbandingan Untuk Optimalisasi Jaringan Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq Di Ict Umami,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10147–10154, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.11021.
- [14] M. Hasbi and N. R. Saputra, “Analisis Quality of Service (Qos) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark,” *Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 12, no. 1, pp. 1–7, 2021, doi: <https://doi.org/10.24853/justit.12.1.%25p>.
- [15] T. I. Safitri *et al.*, “Analisis QoS Menggunakan Standar TIPHON pada Jaringan Wi-Fi SMK Dharma Bahari Surabaya,” *RIGGS J. Artif. Intell. Digit. Bus.*, vol. 4, no. 4, pp. 2433–2443, 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i4.3906.