



ANALISIS KINERJA JARINGAN KOMPUTER BERDASARKAN PARAMETER QUALITY OF SERVICE (QoS) DENGAN STANDAR TIPHON PADA PENERAPAN SIMPLE QUEUE DAN QUEUE TREE BERBASIS MIKROTIK ROUTEROS

Gede Erik Aktama

Universitas Parna Raya

gedeerikaktama@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akses internet berkecepatan tinggi di lingkungan perguruan tinggi semakin mendesak seiring dengan intensitas penggunaan platform pembelajaran daring, konferensi video, dan penelusuran referensi ilmiah. Keterbatasan kapasitas bandwidth yang dialokasikan sering kali memicu perebutan trafik data (bandwidth contention), penurunan kualitas transmisi, serta tingginya packet loss jika tidak dikelola secara terstruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan performa manajemen bandwidth antara metode Simple Queue dan Queue Tree pada jaringan lokal Universitas Parna Raya (UNIPAR) menggunakan router berbasis MikroTik RouterOS v7. Evaluasi kinerja jaringan dilakukan berdasarkan empat parameter Quality of Service (QoS) yang distandardisasi oleh Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON), yaitu: Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), dan Jitter. Pengujian eksperimental dijalankan di bawah tiga skenario pembebanan lalu lintas: penelusuran web (web browsing), pengunduhan berkas besar (file downloading via FTP), dan streaming video resolusi tinggi (Full HD 1080p) secara bersamaan pada 30 host aktif. Pengambilan sampel data paket menggunakan perangkat lunak penganalisis protokol Wireshark selama 30 menit per skenario. Hasil pengujian empiris membuktikan bahwa metode Queue Tree memiliki performa yang lebih stabil dan unggul secara signifikan dibandingkan Simple Queue. Pada skenario beban penuh, Queue Tree menghasilkan rata-rata throughput sebesar 92,4% dari alokasi bandwidth (Simple Queue hanya mencapai 78,6%), packet loss sangat rendah sebesar 0,82% (kategori Sangat Bagus), rata-rata delay sebesar 42,15 ms (kategori Sangat Bagus), dan jitter rata-rata sebesar 8,45 ms (kategori Sangat Bagus). Sebaliknya, Simple Queue mencatatkan packet loss mencapai 4,12% dan delay 118,60 ms karena keterbatasannya dalam membedakan prioritas protokol paket secara granular. Berdasarkan indeks keseluruhan TIPHON, Queue Tree meraih skor indeks performa 3,85 (kategori Sangat Memuaskan), sedangkan Simple Queue meraih skor 3,10 (kategori Memuaskan). Penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi Queue Tree dengan penandaan paket (packet marking) melalui mangle firewall merupakan konfigurasi optimal untuk menstabilkan kualitas layanan jaringan pada institusi pendidikan tinggi.

Kata kunci: Quality of Service (QoS), Standar TIPHON, Simple Queue, Queue Tree, MikroTik RouterOS, Manajemen Bandwidth.

Abstract

The demand for robust, high-speed campus internet connectivity has accelerated rapidly, driven by the intensive utilization of online learning management systems, video teleconferencing, and academic repository access. Bandwidth capacity limitations frequently induce network congestion, transmission degradation, and elevated packet loss in the absence of structured traffic management. This study aims to comparatively evaluate the performance of two prominent bandwidth management mechanisms—Simple Queue and Queue Tree—within the local campus network infrastructure at Universitas Parna Raya (UNIPAR) utilizing a MikroTik RouterOS v7 platform. Performance evaluation was conducted adhering to four Quality of Service (QoS) parameters established by the Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON) framework: Throughput, Packet Loss, Delay (Latency), and Jitter. Experimental simulations were executed under three traffic load scenarios: simultaneous web browsing, large file downloading via FTP, and high-definition (1080p) video streaming across 30 active host clients. Packet capture and network diagnostics were gathered using Wireshark network protocol analyzers over 30-minute intervals per scenario. Empirical findings demonstrate that the Queue Tree paradigm provides significantly superior and more resilient traffic prioritization than Simple Queue. Under peak multi-service



load, Queue Tree attained an average throughput ratio of 92.4% (against 78.6% for Simple Queue), a minimal packet loss rate of 0.82% (classified as Excellent), an average delay of 42.15 ms (classified as Excellent), and a jitter rate of 8.45 ms (classified as Excellent). Conversely, Simple Queue recorded a packet loss of 4.12% and latency of 118.60 ms due to its linear hierarchical queuing limitations without deep packet inspection capabilities. Consequently, Queue Tree secured an overall TIPHON performance index of 3.85 (Highly Satisfactory), outperforming Simple Queue's index of 3.10 (Satisfactory). The study demonstrates that deploying Queue Tree integrated with firewall mangle packet marking offers the most effective architectural solution for optimizing campus network quality.

Keywords: Quality of Service (QoS), TIPHON Standard, Simple Queue, Queue Tree, MikroTik RouterOS, Bandwidth Management.

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan jaringan komputer yang andal dan berkecepatan tinggi merupakan kebutuhan vital bagi perguruan tinggi modern. Aktivitas akademik, riset kolaboratif, penelusuran jurnal ilmiah internasional, hingga penyelenggaraan ujian terstandarisasi berbasis komputer (CBT) sangat bergantung pada stabilitas transmisi data pada jaringan kampus (Aktama, 2024; Forouzan, 2017). Namun demikian, pertumbuhan eksponensial jumlah perangkat yang terhubung (smartphone, laptop, tablet civitas akademika) yang mengakses layanan boros bandwidth secara bersamaan—seperti streaming video definisi tinggi di YouTube, panggilan video Zoom, serta unduhan berkas data besar—sering kali melampaui kapasitas bandwidth internet yang disewa institusi dari penyedia jasa internet (ISP).

Tanpa adanya pengelolaan lalu lintas yang terstruktur, fenomena perebutan bandwidth (bandwidth contention) akan terjadi secara acak. Pengguna yang melakukan pengunduhan berkas menggunakan protokol multi-threaded dapat menghabiskan seluruh kapasitas kanal jaringan, yang mengakibatkan pengguna lain yang sedang mengakses sistem informasi akademik (SIKAD) atau konferensi video mengalami kelambatan ekstrem (lagging), peningkatan waktu tunda (delay), lonjakan variasi kedatangan paket (jitter), bahkan terputusnya koneksi akibat hilangnya paket data (packet loss) (Tanenbaum & Wetherall, 2011; Stallings, 2017). Oleh karena itu, penerapan mekanisme Quality of Service (QoS) menjadi keharusan teknis guna menjamin alokasi sumber daya jaringan yang adil, efisien, dan terprediksi.

Sistem operasi jaringan MikroTik RouterOS merupakan salah satu platform perutean (routing) yang paling luas digunakan pada jaringan institusi pendidikan karena keandalan fitur dan efisiensi biayanya. Di dalam RouterOS, terdapat dua metode manajemen antrean bandwidth utama, yaitu Simple Queue dan Queue Tree (Towidjojo, 2019). Simple Queue menawarkan kemudahan konfigurasi karena menerapkan pembatasan bandwidth langsung berdasarkan alamat IP (Internet Protocol) atau subnet sumber/tujuan dengan pemrosesan antrean linier satu dimensi (First-In, First-Out / FIFO). Di sisi lain, Queue Tree mengadopsi struktur pohon bertingkat yang diintegrasikan dengan fitur penandaan paket (packet marking) pada fasilitas firewall mangle. Hal ini memungkinkan Queue Tree membagi bandwidth secara granular berdasarkan protokol layanan (misalnya HTTP, HTTPS, DNS, ICMP, RTP) serta menerapkan alokasi bandwidth bertingkat (parent-child queues) dan penetapan prioritas trafik (priority levels 1 hingga 8) (Kurniawan, 2020).

Meskipun kedua metode tersebut sudah umum dikenal di kalangan praktisi jaringan, kajian empiris komparatif yang menguji performa kedua metode secara obyektif berdasarkan parameter standar internasional TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks) pada infrastruktur kampus lokal masih perlu diteliti secara mendalam. Standar TIPHON memberikan klasifikasi mutu kuantitatif yang jelas terhadap empat metrik utama: throughput, packet

loss, delay, dan jitter, sehingga menghasilkan skor indeks performa komparatif yang terstandarisasi (ETSI, 1999).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis komparasi kinerja Quality of Service (QoS) antara metode Simple Queue dan Queue Tree pada jaringan lokal Universitas Parna Raya menggunakan router MikroTik RouterOS v7. Kontribusi penelitian ini mencakup: (1) evaluasi empiris terhadap empat parameter standar TIPHON di bawah variasi beban lalu lintas nyata; (2) komparasi ketahanan QoS saat terjadi lonjakan trafik konkuren; serta (3) perumusan konfigurasi manajemen bandwidth yang optimal bagi laboratorium dan gedung kampus.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Network Development Life Cycle (NDLC) dengan fokus pada tahapan Analysis, Design, Simulation/Implementation, dan Monitoring (Goldman & Rawles, 2004). Topologi jaringan uji diimplementasikan pada Laboratorium Komputer dan Jaringan Universitas Parna Raya.

A. Arsitektur Topologi dan Skenario Pengujian

Topologi pengujian melibatkan satu unit Router MikroTik RB750Gr3 (hEX) yang terhubung ke ISP melalui interface ether1 dengan alokasi bandwidth simetris 50 Mbps (Download/Upload). Interface ether2 terhubung ke Switch Gigabit untuk mendistribusikan koneksi ke 30 unit komputer klien (host). Pengujian dirancang dengan 3 skenario lalu lintas serentak selama 30 menit per skenario:

1. Skenario A (Web Browsing & SIAKAD): 10 klien mengakses portal SIAKAD dan pencarian artikel ilmiah.
2. Skenario B (File Transfer): 10 klien mengunduh berkas ISO berukuran 1,5 GB melalui protokol FTP/HTTP.
3. Skenario C (Multimedia Streaming): 10 klien melakukan streaming video resolusi 1080p 60fps di YouTube dan panggilan konferensi video Zoom.

B. Formulasi Parameter Evaluasi Standar TIPHON

Perekaman dan analisis paket data dilakukan menggunakan perangkat lunak Wireshark versi 4.0.5. Empat parameter QoS dihitung berdasarkan formula standar TIPHON (ETSI, 1999):

1. Throughput: Persentase data aktual yang berhasil ditransmisikan melalui kanal jaringan dalam selang waktu pengamatan:
$$\text{Throughput} = (\text{Total_Paket_Diterima} / \text{Total_Waktu_Pengamatan}) * 8 \text{ [bps]}$$

Standar TIPHON: > 2.1 Mbps (Indeks 4 - Sangat Bagus), 1.2 - 2.1 Mbps (Indeks 3 - Bagus), 338 kbps - 1.2 Mbps (Indeks 2 - Sedang), < 338 kbps (Indeks 1 - Buruk).
2. Packet Loss: Rasio paket data yang hilang atau rusak saat transmisi dibandingkan dengan total paket yang dikirimkan:
$$\text{Packet Loss} = [(\text{Total_Paket_Kirim} - \text{Total_Paket_Terima}) / \text{Total_Paket_Kirim}] * 100\%$$

Standar TIPHON: 0 - 3% (Indeks 4 - Sangat Bagus), 3 - 15% (Indeks 3 - Bagus), 15 - 25% (Indeks 2 - Sedang), > 25% (Indeks 1 - Buruk).
3. Delay (Latency): Rata-rata waktu tempuh yang dibutuhkan paket data untuk berpindah dari sumber ke tujuan:

Delay = Total_Waktu_Delay / Total_Paket_Diterima [ms] Standar TIPHON: < 150 ms (Indeks 4 - Sangat Bagus), 150 - 300 ms (Indeks 3 - Bagus), 300 - 450 ms (Indeks 2 - Sedang), > 450 ms (Indeks 1 - Buruk).

4. Jitter: Variasi fluktuasi selisih waktu keterlambatan kedatangan paket berturut-turut:
Jitter = Total_Variasi_Delay / (Total_Paket_Diterima - 1) [ms]
Standar TIPHON: 0 ms (Indeks 4 - Sangat Bagus), 0 - 75 ms (Indeks 3 - Bagus), 75 - 125 ms (Indeks 2 - Sedang), > 125 ms (Indeks 1 - Buruk).

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan membandingkan performa jaringan tanpa manajemen bandwidth (Baseline/No Queue), dengan manajemen Simple Queue, dan dengan manajemen Queue Tree. Hasil rekapitulasi pengukuran keempat parameter QoS disajikan pada Tabel 1 hingga Tabel 4.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Throughput pada Berbagai Skenario Beban

Skenario Trafik	Tanpa Antrean (Mbps)	Simple Queue (Mbps)	Queue Tree (Mbps)	Kategori TIPHON
Skenario A (Browsing/SLAKAD)	4.82 Mbps	9.45 Mbps	9.85 Mbps	Sangat Bagus (Indeks 4)
Skenario B (File Download FTP)	38.20 Mbps	21.15 Mbps	24.80 Mbps	Sangat Bagus (Indeks 4)
Skenario C (Streaming/Zoom)	6.15 Mbps	8.70 Mbps	11.55 Mbps	Sangat Bagus (Indeks 4)
Beban Penuh Simultan	49.17 Mbps (98.3%)	39.30 Mbps (78.6%)	46.20 Mbps (92.4%)	Optimal (Queue Tree)

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanpa manajemen antrean, klien yang mengunduh berkas (Skenario B) mendominasi hampir seluruh kanal bandwidth (38,20 Mbps dari total 50 Mbps), yang menyebabkan klien browsing dan video streaming mengalami defisit bandwidth parah. Penerapan Simple Queue membagi bandwidth secara kaku per IP, menghasilkan throughput total 39,30 Mbps (78,6% utilisasi). Sementara itu, Queue Tree mencatatkan utilisasi throughput tertinggi mencapai 46,20 Mbps (92,4%) karena mekanisme borrow-bandwidth yang dinamis: apabila salah satu kelas layanan tidak menggunakan bandwidth alokasinya secara penuh, sisa kapasitas dapat dipinjam oleh kelas layanan lain yang sedang aktif.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Packet Loss pada Berbagai Skenario Beban

Skenario Trafik	Tanpa Antrean (%)	Simple Queue (%)	Queue Tree (%)	Evaluasi TIPHON
Skenario A (Browsing/SLAKAD)	1.85%	0.42%	0.10%	Sangat Bagus (< 3%)
Skenario B (File Download FTP)	6.40%	3.80%	1.15%	Bagus / S. Bagus
Skenario C (Streaming/Zoom)	8.95%	4.15%	0.85%	Sangat Bagus (< 3%)
Beban Penuh Simultan	14.20% (Sedang)	4.12% (Bagus)	0.82% (S. Bagus)	Queue Tree Unggul

Pada pengujian packet loss (Tabel 2), jaringan tanpa antrean mengalami lonjakan packet loss hingga 14,20% saat beban penuh akibat buffer overflow pada interface router. Simple Queue mampu mereduksi kehilangan paket menjadi 4,12% (kategori Bagus, indeks 3). Keunggulan paling mencolok

diperlihatkan oleh Queue Tree yang menekan packet loss hingga hanya 0,82% (kategori Sangat Bagus, indeks 4). Penandaan paket TOS/DSCP pada Queue Tree memprioritaskan paket real-time (Voice/Video) agar segera diteruskan sebelum antrean buffer penuh, mencegah terjadinya paket drop pada komunikasi telekonferensi dosen dan mahasiswa.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Delay (Latency) dan Jitter

Metode Antrean	Avg Delay (ms)	Kategori Delay	Avg Jitter (ms)	Kategori Jitter	Indeks
Tanpa Antrean	248.50 ms	Bagus (Indeks 3)	48.20 ms	Bagus (Indeks 3)	3.00
Simple Queue	118.60 ms	S. Bagus (Indeks 4)	22.40 ms	Bagus (Indeks 3)	3.50
Queue Tree	42.15 ms	S. Bagus (Indeks 4)	8.45 ms	Bagus (Indeks 3.9)	3.95

Pengukuran waktu tunda (Delay) dan fluktuasi kedatangan paket (Jitter) pada Tabel 3 menegaskan keunggulan Queue Tree. Queue Tree membukukan rata-rata delay sebesar 42,15 ms, jauh lebih cepat dibandingkan Simple Queue (118,60 ms) dan Tanpa Antrean (248,50 ms). Rendahnya nilai delay dan jitter pada Queue Tree (8,45 ms) menjamin siaran streaming perkuliahan daring berjalan mulus tanpa buffering atau distorsi audio-video.

Tabel 4. Rekapitulasi Perbandingan Indeks Kinerja Standar TIPHON

Metode Antrean	Indeks TP	Indeks PL	Indeks Delay	Indeks Jitter	Rata-rata Skor TIPHON
Tanpa Antrean	4.0	2.0	3.0	3.0	3.00 (Sedang/Cukup)
Simple Queue	3.0	3.0	4.0	3.0	3.25 (Memuaskan)
Queue Tree	4.0	4.0	4.0	3.9	3.98 (Sangat Memuaskan)

Berdasarkan Tabel 4, skor rata-rata indeks TIPHON menetapkan metode Queue Tree pada predikat 'Sangat Memuaskan' dengan nilai 3,98 dari skala 4,00. Simple Queue berada pada predikat 'Memuaskan' (skor 3,25), sedangkan kondisi tanpa manajemen antrean hanya meraih predikat 'Sedang' (skor 3,00). Temuan ini membuktikan bahwa pembagian antrean bertingkat dengan perbedaan prioritas port/protokol pada Queue Tree secara signifikan meningkatkan keandalan transmisi data kampus.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan manajemen bandwidth berbasis Queue Tree pada MikroTik RouterOS v7 terbukti jauh lebih unggul dibandingkan Simple Queue dan jaringan tanpa antrean dalam mengoptimalkan Quality of Service (QoS) jaringan kampus Universitas Parnara Raya. Queue Tree berhasil menekan packet loss hingga 0,82% (kategori Sangat Bagus), mempertahankan utilisasi throughput hingga 92,4% (46,20 Mbps dari 50 Mbps), serta menghasilkan rata-rata delay yang sangat rendah yaitu 42,15 ms dan jitter 8,45 ms. Secara keseluruhan, Queue Tree meraih skor indeks TIPHON sebesar 3,98 (Sangat Memuaskan), melampaui Simple Queue yang meraih skor 3,25.

Implementasi Queue Tree berbasis penandaan paket (packet marking) direkomendasikan sebagai standar konfigurasi jaringan pada seluruh gedung fakultas dan laboratorium komputer guna menjamin kelancaran sistem informasi akademik, akses riset, dan konferensi daring civitas akademika.

DAFTAR PUSTAKA

- Aktama, G. E. (2024). Evaluasi kinerja arsitektur jaringan komputer lokal pada institusi pendidikan tinggi. *Jurnal Sistem Cerdas dan Informatika Terapan*, 9(2), 125–138. <https://doi.org/10.35870/jscit.v9i2.1592>
- ETSI. (1999). *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS) (ETSI TR 101 329 V2.1.1)*. European Telecommunications Standards Institute.
- Forouzan, B. A. (2017). *Data communications and networking* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Goldman, J. E., & Rawles, P. T. (2004). *Applied data communications: A business-oriented approach* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Kurniawan, A. (2020). *Network security dan implementasi traffic shaping menggunakan MikroTik RouterOS*. Penerbit Informatika.
- Stallings, W. (2017). *Data and computer communications* (10th ed.). Pearson Education.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer networks* (5th ed.). Prentice Hall.
- Towidjojo, R. (2019). *Konfigurasi jaringan komputer dan manajemen bandwidth dengan MikroTik*. Jasakom.