

Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet untuk Optimalisasi Bandwith

Muhammad Imam Ghozali^{1,*}, Alif Catur Murti¹, Syafiul Muzid²

¹ Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia

² Fakultas Teknik, Program Studi Sistem Informasi, Universitas Muria Kudus, Kudus, Indonesia

Email: ^{1,*}imam.ghozali@umk.ac.id, ²alif.catur@umk.ac.id, ³syafiul.muzid@umk.ac.id

Email Penulis Korespondensi: imam.ghozali@umk.ac.id

Abstrak—Pertumbuhan penggunaan internet yang pesat dalam beberapa tahun terakhir telah menempatkan tuntutan yang signifikan pada kualitas layanan jaringan. Perkembangan teknologi dan kebutuhan komunikasi yang semakin kompleks membuat pentingnya meningkatkan Kualitas Layanan (QoS) jaringan internet. Kualitas Layanan yang optimal sangat penting untuk mendukung aplikasi-aplikasi kritis seperti video konferensi, streaming, dan aplikasi real-time lainnya. Kendala-kendala seperti latensi tinggi, *Throughput* yang rendah, dan kurangnya prioritas dalam pengelolaan lalu lintas dapat menghambat pengalaman pengguna dan mengurangi efektivitas layanan. Dengan melakukan Optimalisasi QoS tidak hanya memastikan bahwa layanan-layanan kritis mendapatkan prioritas yang tepat, tetapi juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya jaringan secara keseluruhan. Keterlibatan skema prioritas ini dalam infrastruktur jaringan memberikan solusi yang bersifat holistik, menggabungkan pemahaman yang mendalam tentang latensi, *Throughput*, dan kebutuhan prioritas. Semua itu dilakukan dalam upaya mengoptimalkan QoS sehingga pengguna bisa mendapatkan pengalaman yang baik dalam menggunakan akses internet.

Kata Kunci: QoS; Internet; Bandwith; Jaringan; Topologi

Abstract—The rapid growth in internet use in recent years has placed significant demands on the quality of network services. Technological developments and increasingly complex communication needs make it important to improve the Quality of Service (QoS) of internet networks. Optimal Quality of Service is critical to supporting critical applications such as video conferencing, streaming, and other real-time applications. Obstacles such as high latency, low *Throughput*, and lack of prioritization in traffic management can hinder the user experience and reduce the effectiveness of the service. Carrying out QoS optimization not only ensures that critical services get the right priority, but can also increase the overall efficiency of using network resources. The involvement of this prioritization scheme in the network infrastructure provides a holistic solution, combining a deep understanding of latency, *Throughput* and priority requirements. All of this is done in an effort to optimize QoS so that users can get a good experience in using internet access.

Keywords: QoS; Internet; Bandwith; Network; Topology

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penggunaan internet yang pesat dalam beberapa tahun terakhir telah menempatkan tuntutan yang signifikan pada kualitas layanan jaringan. Perkembangan teknologi dan kebutuhan komunikasi yang semakin kompleks membuat pentingnya meningkatkan Kualitas Layanan (QoS) jaringan internet [1][2][3][4][5]. Kualitas Layanan yang optimal sangat penting untuk mendukung aplikasi-aplikasi kritis seperti video konferensi, streaming, dan aplikasi real-time lainnya. Kecepatan dalam mengakses internet pada saat ini menjadi fokus dari penyedia jasa layanan internet atau provider.

QoS didesain untuk membantu end server menjadi lebih produktif dengan memastikan bahwa user mendapatkan kinerja yang handal dari aplikasi-aplikasi jaringan. Dengan adanya Quality of Service (QoS) maka bandwidth dapat digunakan secara optimal sehingga dapat meningkatkan kualitas layanan internet yang diterima oleh pengguna. Peningkatan QoS yang mencakup berbagai aspek penting untuk memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dan mendukung aplikasi-aplikasi modern[6][7]. Pendekatan dalam pengukuran latensi jaringan dengan memperhatikan topologi jaringan dan konfigurasi perangkat lunak yang lebih canggih, penelitian ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam terkait dengan performa latensi jaringan[8]. Hal ini memungkinkan identifikasi titik-titik bottleneck dengan lebih akurat dan memungkinkan pengoptimalan yang lebih efektif. Selanjutnya, analisis *Throughput* yang terintegrasi memberikan dimensi tambahan pada penelitian ini. Dengan memahami secara menyeluruh tentang kapasitas efektif dan ketersediaan bandwidth, penelitian ini dapat merinci faktor-faktor yang mempengaruhi *Throughput*, membuka jalan bagi strategi pengoptimalan yang lebih spesifik.

Kualitas Layanan yang optimal sangat penting untuk mendukung aplikasi-aplikasi kritis seperti video konferensi, streaming, dan aplikasi real-time lainnya [9][2][10]. Dalam era digital yang terus berkembang, ketersediaan dan kualitas layanan internet memiliki dampak yang signifikan terhadap produktivitas dan kepuasan pengguna [11][12][13]. Meskipun telah ada upaya untuk meningkatkan kualitas layanan, tantangan baru terus muncul seiring dengan perkembangan teknologi. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas layanan, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi penyedia layanan jaringan, organisasi, dan pengguna akhir. Implementasi skema prioritas yang efektif juga diharapkan dapat meningkatkan pengalaman pengguna dan mendukung aplikasi-aplikasi yang membutuhkan ketersediaan dan keandalan tinggi [2][7][8].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan infrastruktur jaringan yang lebih efisien dan responsif terhadap kebutuhan yang berkembang dalam lingkungan digital saat ini. Kendala-kendala seperti latensi tinggi, *Throughput* yang rendah, dan kurangnya prioritas dalam pengelolaan lalu lintas dapat

menghambat pengalaman pengguna dan mengurangi efektivitas layanan [16][17][18]. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian yang cermat untuk mengoptimalkan QoS jaringan internet guna memberikan pengalaman yang lebih baik bagi pengguna.

Melihat penelitian Quality of Service dari beberapa peneliti sebelumnya, Quality of Service merupakan sekumpulan teknik dan mekanisme yang menjamin performansi dari jaringan komputer (terutamanya di internet) di dalam penyediaan layanan kepada aplikasi-aplikasi di dalam jaringan komputer. Quality of Service dilihat dan diukur dari sudut pandang penyedia layanan [2][9][20]. Parameter antara lain : bandwidth, *Throughput*, *Delay*, *Jitter*, dan *Packet Loss*.

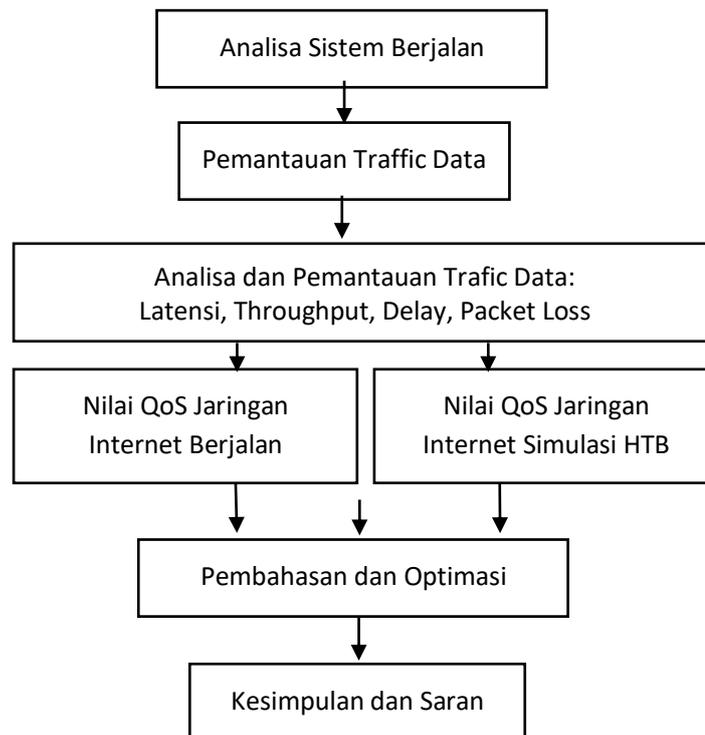
Analisis kebutuhan dan perancangan ini menggunakan dan menerapkan metode HTB (*Hierarchical Token Bucket*) [21][22]. HTB adalah teknik antrian yang ditujukan untuk berbagi tautan. Dalam konsep connection sharing, jika suatu kelas meminta layanan lebih sedikit dari yang dialokasikan, bandwidth yang tersisa akan dibagi dengan kelas lain yang meminta layanan tersebut. HTB menggunakan TBF (*Token Bucket Filter*) sebagai estimator yang sangat mudah diimplementasikan. Estimator ini hanya menggunakan rate, sehingga administrator hanya perlu menetapkan rate yang ditetapkan untuk kelas tersebut [22]. HTB memungkinkan membuat antrian lebih terstruktur dengan menerapkan pengelompokan multi-level. Implementasi HTB pada antrian memungkinkan ada beberapa parameter yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Parameter yang tidak berfungsi antara lain prioritas dan pembatasan ganda (CIR/MIR). CIR (*Committed Information Rate*) merupakan batas dasar atau lalu lintas minimum (*Limit-at*) yang dapat dicapai suatu antrian. *Limit-at* membatasi lalu lintas minimum untuk suatu antrian, terlepas dari kondisi di mana antrian tidak akan menerima lalu lintas di bawah batas tersebut. MIR (*Maximum Information Rate*) merupakan batas atas atau lalu lintas maksimum (*max-limit*) yang dapat dicapai suatu antrian. Max-Limit membatasi lalu lintas optimal untuk suatu antrian, dan setiap antrian mencapai batas ini jika antrian induk masih memiliki cadangan *bandwidth* [23].

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui QoS yang dihasilkan dari metode HTB dalam melakukan manajemen bandwidth sehingga mampu meningkatkan layanan internet. Manfaat perkembangan ilmu pengetahuan adalah bahwa kualitas jaringan dengan menggunakan metode antrian HTB lebih optimal, hal ini dikarenakan semua Gedung akan mendapatkan bandwidth sesuai dengan rule yang diterapkan pada bandwidth management. Penelitian ini berfokus kepada Analisis Kualitas Layanan jaringan internet pada topologi jaringan saat ini dan tidak implementasi sistem.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini metode pengamatan sistem berjalan, Sedangkan metode yang digunakan untuk optimasi QoS menggunakan metode HTB [3][4][10]. Alur penelitian yang dilakukan di jelaskan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Dari Gambar 1 dapat dijelaskan bahwa akan dilakukan pemantauan traffic data untuk mengetahui nilai QoS pada topologi saat ini. Setelah mendapatkan data tersebut, dilanjutkan dengan membuat simulasi penataan ulang topologi

jaringan dan melakukan manajemen bandwith dengan metode HTB. Sehingga dari hasil simulasi tersebut akan digunakan sebagai rekomendasi Optmiasi untuk meningkatkan kualitas layanan Internet.

2.2 Analisa Sistem Berjalan

Mengacu pada tahapan yang peneliti lakukan dengan pengukuran standar QoS sesuai standart THIPON. Analisa QoS menggunakan parameter *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*. QoS membantu user agar lebih mampu di dalam mendapatkan performa yang lebih cepat dari aplikasi berbasis jaringan [1][2][6][11]. Nilai dari *Quality of Service* menurut standard kualitas jaringan dari TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) [10] di jelaskan di Tabel 1.

Tabel 1. Index Quality of Service

Nilai	Persentase	Index
3,8-4	95-100%	Sangat Memuaskan
3-3,79	75-94,75%	Memuaskan
2-2,99	50-74,75%	Sedang
1-1,99	25-49,75%	Jelek

a. Delay

Adalah waktu yang dibutuhkan data untu menempuh jarak dari asal ketujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama, yang dijelaskan di Tabel 2.

Tabel 2. Delay

Degradasi	Besar Delay	Index
Sangat Memuaskan	< 150 m/s	4
Memuaskan	150 m/s – 300 m/s	3
Sedang	300 m/s – 450 m/s	2

b. Jitter

Adalah variasi atau perubahan *Delay* waktu kedatangan paket. *Jitter* juga diartikan sebagai gangguan pada komunikasi digital atau analog yang disebabkan karena perubahan sinyal. Di jelaskan di Tabel 3.

Tabel 3. Jitter

Degradasi	Peak Jitter	Index
Sangat Memuaskan	0 m/s	4
Memuaskan	0 m/s – 75 m/s	3
Sedang	75 m/s – 125 m/s	2
Jelek	125 m/s – 225 m/s	1

c. Packet Loss

Adalah suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket tidak dapat sampai pada tujuan yang ada, dimana hal tersebut bisa diakibatkan oleh collision dan congestion pada jaringan.

Tabel 4. Packet Loss

Degradasi	Packet Loss	Index
Sangat Memuaskan	0 - 2 %	4
Memuaskan	3 - 14 %	3
Sedang	12 - 24 %	2
Jelek	> 25 %	1

d. Throughput

Adalah bandwidth aktual yang terukur pada suatu ukuran waktu tertentu dalam suatu hari menggunakan rute internet yang spesifik ketika sedang mendownload suatu file.

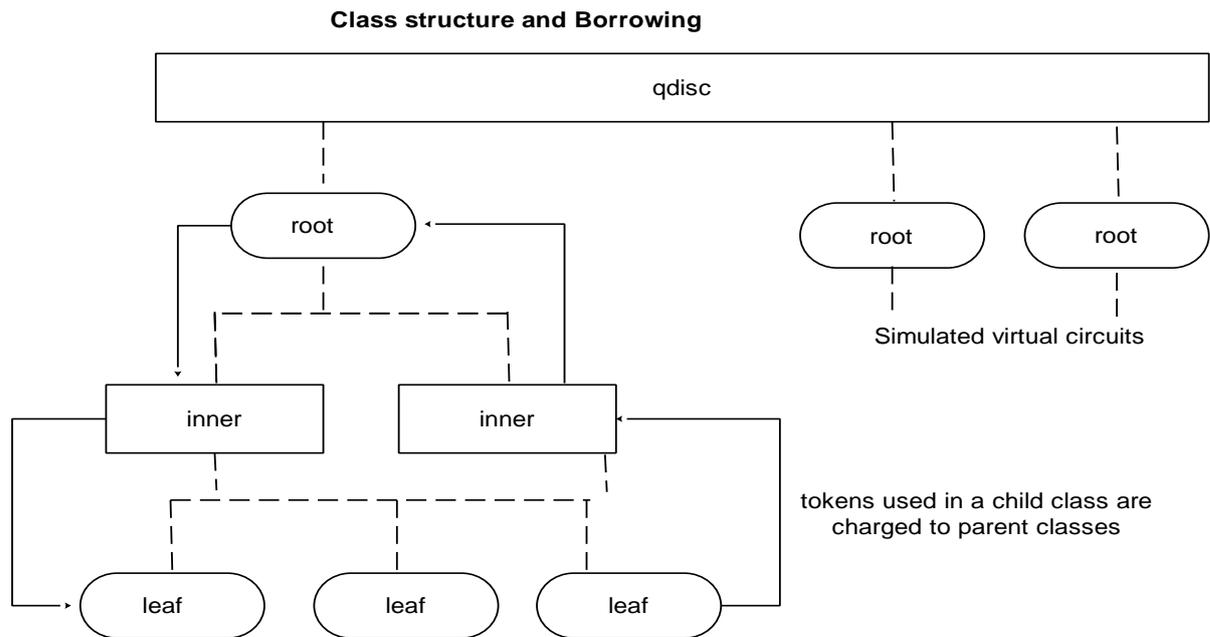
Tabel 5. Throughput

Degradasi	Troughput	Index
Sangat Memuaskan	100%	4
Memuaskan	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	25%	1

2.3 Hierarchical Token Bucket

HTB adalah metode pengelolaan bandwidth yang memungkinkan pembagian bandwidth secara hierarkis, sehingga setiap node atau perangkat dalam jaringan mendapatkan alokasi bandwidth yang sesuai dengan kebutuhannya. Dalam topologi ini, HTB dapat digunakan pada switch utama untuk memastikan setiap switch dan perangkat terhubung mendapatkan

bandwidth yang dibutuhkan tanpa ada yang kelebihan atau kekurangan alokasi [26]. Struktur HTB dijelaskan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Struktur Hierarchical Token Bucket (HTB)

Penerapan HTB pada topologi dengan cara mengkonfigurasi queue pada switch utama dan switch lainnya. Queue ini dapat digunakan untuk mengatur prioritas lalu lintas jaringan berdasarkan jenis data atau aplikasi. Misalnya, lalu lintas VoIP dan video conference dapat diberi prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan lalu lintas email atau web browsing, untuk memastikan kualitas layanan (QoS) yang baik.

Dengan menggunakan HTB, admin jaringan dapat memonitor penggunaan bandwidth dan melakukan penyesuaian sesuai kebutuhan[27]. Hal ini penting untuk mengidentifikasi bottleneck atau titik lemah dalam jaringan dan mengoptimalkan alokasi bandwidth agar performa jaringan tetap maksimal. Secara keseluruhan, penerapan HTB pada topologi jaringan ini akan memastikan bahwa setiap perangkat mendapatkan bandwidth yang cukup sesuai dengan kebutuhannya. Ini tidak hanya meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan tetapi juga memastikan pengalaman pengguna yang lebih baik dengan meminimalkan latency dan jitter pada aplikasi yang sensitif terhadap waktu seperti VoIP dan video conference.

Pada antrian HTB mempunyai parameter yang menyusunnya dalam antrian [15],[24],[27]yaitu :

a. Rate

Parameter rate menentukan bandwidth maksimum yang bisa digunakan oleh setiap class, jika bandwidth melebihi nilai “rate”, maka paket data akan dipotong atau dijatuhkan (*drop*).

b. Ceil

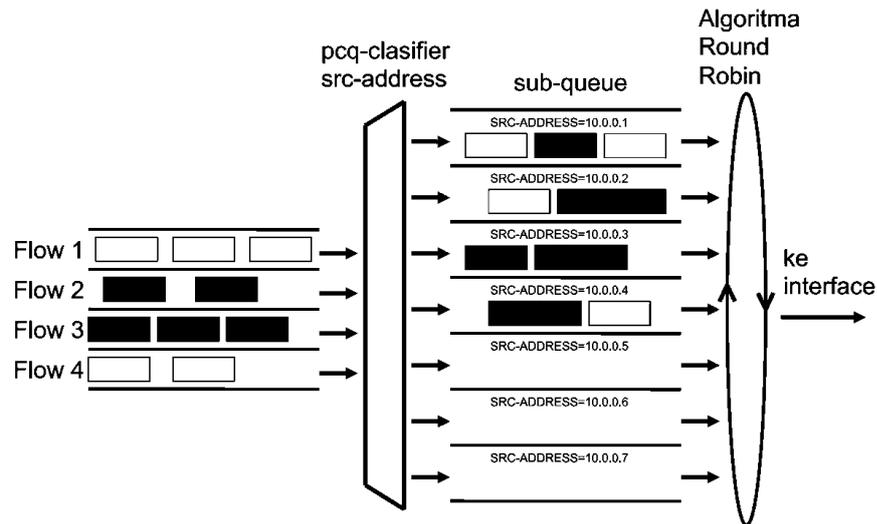
Parameter ceil di-set untuk menentukan peminjaman bandwidth antar class (kelas), peminjaman bandwidth dilakukan kelas paling bawah ke kelas di atasnya, teknik ini disebut link sharing.

c. *Random Early Detection (RED)*

Random Early Detection atau bisa disebut *Random Early Drop* biasanya digunakan untuk gateway/router backbone dengan tingkat trafik yang sangat tinggi. RED mengendalikan trafik jaringan sehingga terhindar dari kemacetan pada saat trafik tinggi berdasarkan pemantauan perubahan nilai antrian minimum dan maksimum. Jika isi antrian dibawah nilai minimum, maka mode ‘drop’ tidak berlaku, saat antrian mulai terisi hingga melebihi nilai maksimum, maka RED akan membuang (drop) paket data secara acak sehingga kemacetan pada jaringan dapat dihindari. RED juga mempunyai parameter yang menyusunnya, yaitu: Max, Min, Probability, Limit, Burst, Avpkt, Bandwith, Ecn (Explicit Congestion Notification)

2.4 Per Connection Queue (PCQ)

Peer Connection Queue (PCQ) merupakan metode yang dapat melakukan manajemen bandwidth yang cukup mudah dimana PCQ bekerja dengan sebuah algoritma yang akan membagi bandwidth secara merata ke sejumlah client yang aktif[28][29]. Prinsip kerja PCQ dengan menerapkan *simple queue* atau *queue tree* dimana hanya ada satu klien aktif yang menggunakan bandwidth, sementara client lain berada dalam posisi *idle* maka klien aktif tersebut dapat menggunakan bandwidth maksimum yang tersedia, tetapi jika client lain aktif, maka bandwidth yang maksimal dapat digunakan oleh kedua client (bandwidth atau jumlah client yang aktif) sehingga bandwidth dapat terdistribusi secara adil untuk semua client.[30][31][32][33]. Simulasi logika PCQ dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.

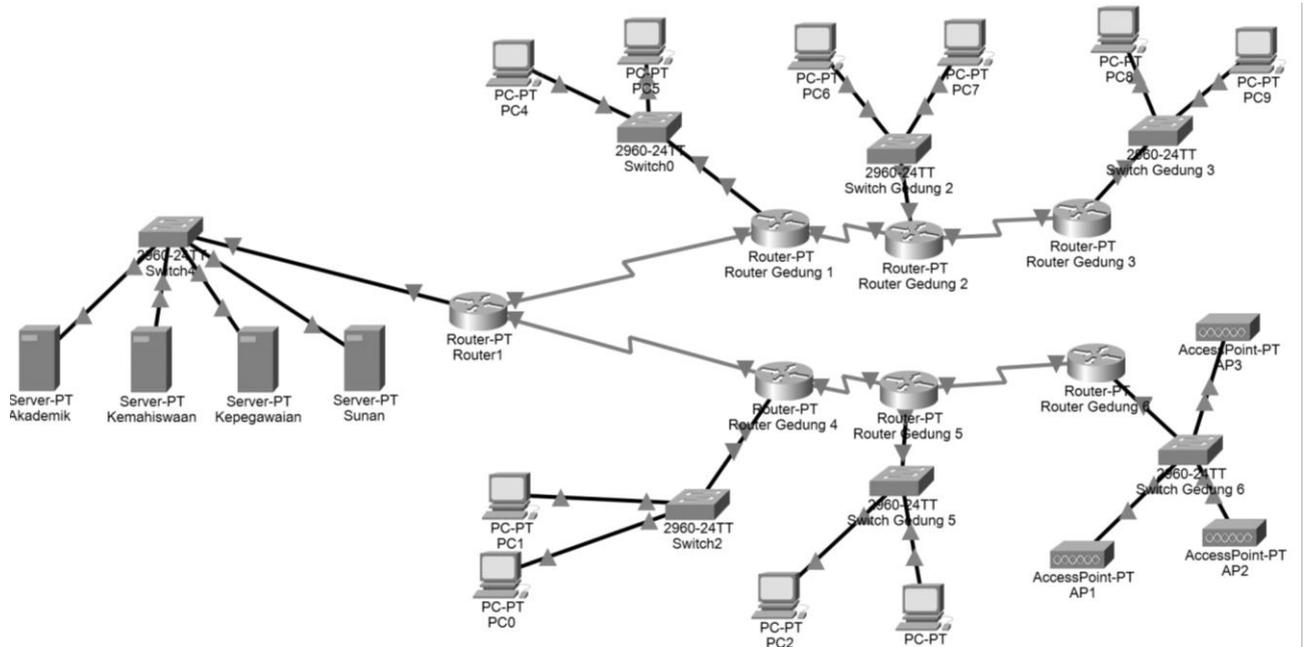


Gambar 3. Logika Peer Connection Queue (PCQ)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Topologi Jaringan

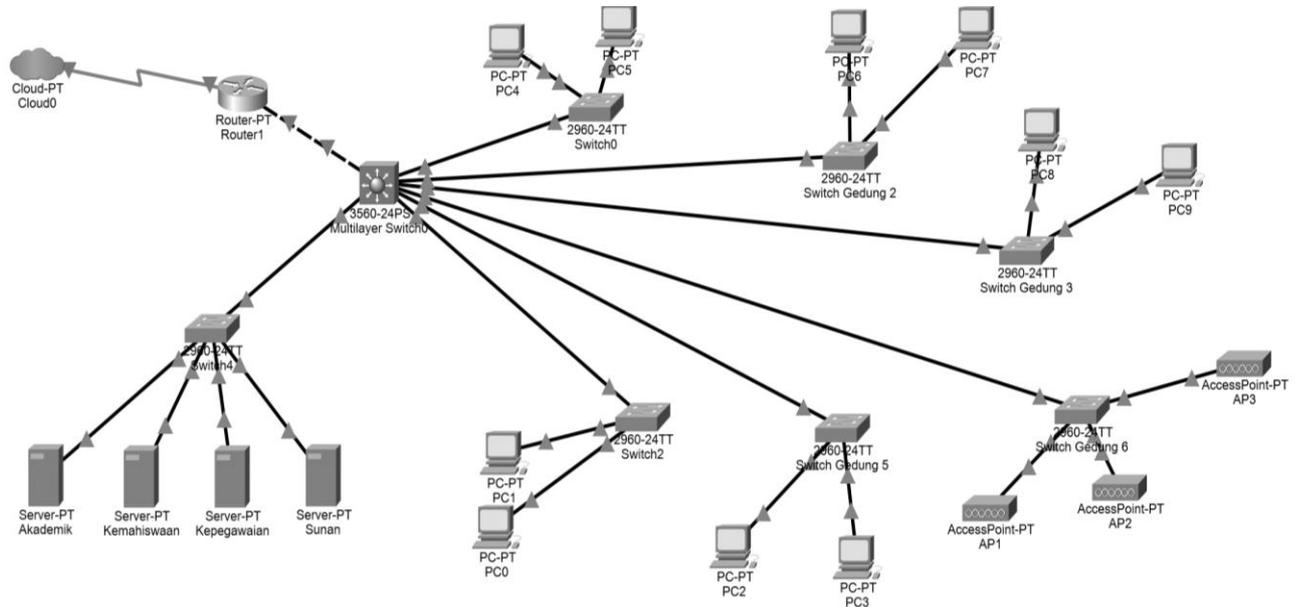
Pada Gambar 4 di bawah dapat dipaparkan jika Internet di distribusikan ke seluruh wilayah kampus yang terdiri dari 7 Gedung yang memiliki Router masing-masing. Analisa dan Pemantauan Traffic Data dapat dilakukan oleh Router masing-masing Gedung dengan pembatasan jumlah bandwith dari router pusat. Sehingga pengelolaan pemanfaatan bandwith dari masing-masing Gedung tergantung pada optimasi konfigurasi router. Manakala terjadi perbedaan dalam pengaturan dan pengelolaan router yang dapat mempengaruhi kinerja dan fungsionalitas jaringan.



Gambar 4. Topologi saat ini

Pada penelitian ini, memberikan rekomendasi penataan ulang topologi dengan penempatan switch multilayer untuk prioritas QoS lalu lintas jaringan. QoS memungkinkan prioritas tinggi pada paket data penting seperti VOIP atau streaming video dibandingkan dengan lalu lintas data umum. Hal ini dilakukan dengan mengkonfigurasi antrian (queue) dan aturan penjadwalan pada switch multilayer untuk membagi bandwidth sesuai dengan kebutuhan prioritas setiap Gedung atau Manajemen bandwidth dalam topologi jaringan yang efisien dan meminimalkan kemacetan. Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) pada topologi, dimana bandwidth sebesar 700 Mbps dialokasikan ke 7 Gedung. Bandwidth yang diterima kemudian dialirkan dari router utama pada setiap Gedung untuk dilakukan konfigurasi metode HTB di ip firewall mangle. Selanjutnya membuat *mark connection* dan *mark packet* untuk proses pemfilteran packet seperti packet browsing, streaming, download dan game online. Setelah itu dilakukan pembagian queue tree

berdasarkan mark packet yang telah dibuat. Hal ini sangat berguna dalam lingkungan yang membutuhkan akses cepat dan stabil ke berbagai layanan server. Metode HTB bisa membagi bandwidth dinamis sesuai kebutuhan jaringan saat itu. Implementasi HTB ini akan membantu menghindari bottleneck dan memastikan setiap segmen jaringan mendapatkan sumber daya yang dibutuhkan untuk performa optimal.



Gambar 5. Rekomendasi Topologi

Parameter pengujian yang dilakukan adalah dengan mengukur QoS yaitu *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*. Pengujian dilakukan pada jam traffic padat, mulai 08.00 s/d 15.00 WIB. Data pengujian menggunakan standar QoS versi THIPON. Berikut adalah hasil pengujian parameter QoS jaringan internet dengan simulasi topologi dan menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB), dimana dilakukan pengujian pada masing-masing Gedung.

Tabel 6. Rata – rata *Delay*

Lokasi Pengujian	Delay (m/s)	Index	Hasil
Gedung A	90m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung B	101 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung C	104 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung D	96 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung E	97 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung F	108 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung G	120 m/s	4	Sangat Memuaskan

Tabel 6 menampilkan hasil rata-rata *Delay* setiap Gedung. Dari tabel diatas terlihat *Delay* terbaik ada pada Gedung A sebesar 90 m/s dan yang terbesar ada di Gedung G sebesar 120 m/s. Sedangkan rata-rata parameter *Delay* semua Gedung adalah 102 m/s yang masuk dalam kategori sangat memuaskan.

Tabel 7. Rata – rata *Throughput*

Lokasi Pengujian	Throughput (%)	Index	Hasil
Gedung A	98m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung B	90 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung C	94 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung D	96 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung E	97 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung F	86 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung G	72 m/s	3	Memuaskan

Tabel 7 menampilkan hasil rata-rata *Throughput* setiap Gedung. Dari tabel diatas terlihat *Throughput* tertinggi pada Gedung A sebesar 98 % dan yang terendah ada di Gedung G sebesar 72 %. Sedangkan rata-rata parameter *Throughput* semua Gedung adalah 90.4 % yang masuk dalam kategori sangat memuaskan

Tabel 8. Rata – rata *Jitter*

Lokasi Pengujian	Jitter (%)	Index	Hasil
Gedung A	25 m/s	3	Memuaskan

Gedung B	40 m/s	3	Memuaskan
Gedung C	45 m/s	3	Memuaskan
Gedung D	36 m/s	3	Memuaskan
Gedung E	47 m/s	3	Memuaskan
Gedung F	38 m/s	3	Memuaskan
Gedung G	56 m/s	3	Memuaskan

Tabel 8 menampilkan hasil rata-rata *Jitter* setiap Gedung. Dari tabel diatas terlihat *Jitter* terendah pada Gedung A sebesar 25 m/s dan yang terendah ada di Gedung G sebesar 47 m/s. Sedangkan rata-rata parameter *Throughput* semua Gedung adalah 33 m/s yang masuk dalam kategori sangat memuaskan.

Tabel 9. Packet Loss

Lokasi Pengujian	Packet Loss (%)	Index	Hasil
Gedung A	0 m/s	4	Sangat Memuaskan
Gedung B	0 m/s	4	Memuaskan
Gedung C	0 m/s	4	Memuaskan
Gedung D	0 m/s	4	Memuaskan
Gedung E	2 m/s	4	Memuaskan
Gedung F	3 m/s	4	Memuaskan
Gedung G	5 m/s	4	Memuaskan

Tabel 9 menampilkan hasil rata-rata *Packet Loss* setiap Gedung. Dari tabel diatas terlihat *Packet Loss* terendah pada Gedung A,B,C dan D sebesar 0 m/s dan yang tertinggi ada di Gedung G sebesar 5m/s. Sedangkan rata-rata parameter *Packet Loss* semua Gedung adalah 0 m/s yang masuk dalam kategori sangat memuaskan. Dengan hasil pengujian 4 parameter diatas, diperoleh index Quality of Service dengan nilai Dan masuk dalam kategori memuaskan.

3.2 Rekomendasi Optimasi

Berdasarkan dari analisis QoS Topologi Jaringan berjalan dengan Simulasi Topologi Jaringan , Peneliti membuat usulan terkait rekomendasi QoS Jaringan Internet sebagai berikut:

- Adanya ketidakstabilan traffic data layanan QoS dengan topologi saat ini.
- Berdasarkan hasil simulasi topologi jaringan, diperlukan adanya penyesuaian tata letak router dengan kondisi topologi jaringan.
- Diperlukan konfigurasi router dengan metode HTB sebagai alternatif solusi untuk optimasi layanan QoS.
- Adanya penyesuaian kebutuhan bandwith sesuai dengan aktifitas user.

4. KESIMPULAN

Analisis Quality of Service (QoS) berdasarkan pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan menerapkan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) diperoleh hasil yang memuaskan yaitu nilai sebesar 3,67. Hasil ini didapatkan dari rata-rata hasil pengujian pada 4 parameter yaitu *Delay*, *Jitter*, *Packet Loss*, dan *Throughput*. Pengujian dilakukan dengan mendistribusikan bandwidth pada setiap gedung. Dengan hasil analisis ini maka metode Hierarchical Token Bucket (HTB) layak dan dapat digunakan pada jaringan internet dengan penyesuaian topologi.

REFERENCES

- Resa akbar ahmad dan Handayani Dewi, "Optimasi Jaringan Wi-Fi Menggunakan Metode Analisis Quality Of Service Berdasarkan Tiphon," *J. Ilm. Komput. Graf.*, vol. Vol.16, no. No.1 Juli 2023, hal. 33–44, 2023.
- Y. A. Pranata, I. Fibriani, dan S. B. Utomo, "Analisis Optimasi Kinerja Quality of Service Pada Layanan Komunikasi Data Menggunakan Ns-2 Di Pt. Pln (Persero) Jember," *Sinergi*, vol. 20, no. 2, hal. 149, 2016, doi: 10.22441/sinergi.2016.2.009.
- A. A. Tambunan dan L. Lukman, "Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Performa Bandwidth Jaringan Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queue (Pcq).," *Respati*, vol. 15, no. 3, hal. 24, 2020, doi: 10.35842/jtir.v15i3.362.
- Valia Yoga Pudya Ardhana dan M. D. Mulyodiputro, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet Universitas Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *J. Informatics Manag. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, hal. 70–76, 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i2.257.
- R. Nindyasari, A. C. Murti, dan M. I. Ghozali, "ANALISIS QoS (Quality of Service) JARINGAN UNBK DENGAN MENGGUNAKAN MICROTIC ROUTER (Studi Kasus : Jaringan UNBK SMAN 1 Jakenan Pati)," *Netw. Eng. Res. Oper.*, 2019, doi: 10.211107/nero.v4i2.126.
- M. Y. Simargolang dan A. Widarma, "Quality of Service (QoS) for Network Performance Analysis Wireless Area Network (WLAN)," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.)*, vol. 7, no. 1, hal. 162, 2022, doi: 10.24114/cess.v7i1.29758.
- "Computational Intelligence and Neuroscience - 2022 - Jayakumar - QoS Analysis for Cloud-Based IoT Data Using.pdf."
- S. Prahara, Martanto, dan I. Ali, "Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Optimalisasi Load Balancing Menggunakan Parameter QOS (Studi Kasus: SMK Bina Warga Lemahabang)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 1, hal. 212, 2023.
- H. A. Aryandi, E. L. Tatuhey, dan J. Lahallo, "Analisis Quality Of Service Pada Jaringan Internet Dinas Lingkungan Hidup Dan Kebersihan," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 10, no. 4, hal. 291–300, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <http://jurnal.mdp.ac.id>

- [10] M. N. Hamidah, R. F. Tias, dan R. F. Zainal, "Quality of Service (QoS) Analysis using Wireshark on the LAN Network at An Najiyah High School Surabaya," *J. Mandiri IT*, vol. 12, no. 4, hal. 222–228, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal.isha.or.id/index.php/Mandiri/article/view/273>
- [11] W. Mohammad dan N. R. Maulidiyah, "Pengaruh Akses Internet Terhadap Aspek Kualitas Kehidupan Masyarakat Indonesia," *TriwikramaJurnal Multidisiplin Ilmu Sos.*, vol. 01, no. 02, hal. 30–45, 2023.
- [12] K. Yan, Z. Li, M. Cheng, dan H. C. Wu, "QoS Analysis and Signal Characteristics for Short-Range Visible-Light Communications," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 70, no. 7, hal. 6726–6734, 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3081688.
- [13] B. K. J. Al-Shammari, N. Al-Aboody, dan H. S. Al-Raweshidy, "IoT Traffic Management and Integration in the QoS Supported Network," *IEEE Internet Things J.*, vol. 5, no. 1, hal. 352–370, 2018, doi: 10.1109/JIOT.2017.2785219.
- [14] I. B. A. E. M. Putra, M. S. I. D. Adnyana, dan L. Jasa, "Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, hal. 95, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i01.p11.
- [15] A. Armanto dan N. K. Daulay, "Analisis Quality of Service (Qos) Pada Jaringan Internet Di Universitas Bina Insan Lubuklinggau Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb)," *J. Digit. Teknol. Inf.*, vol. 3, no. 1, hal. 8, 2020, doi: 10.32502/digital.v3i1.2471.
- [16] H. Alamsyah dan S. Somantri, "Perancangan dan Impelementasi QoS Di Mikrotik Menggunakan Metode HTB (Studi Kasus SMP MBS Al Karimah Cibatadak)," *J. Tek. Inform. UNIKA St. Thomas*, vol. 07, hal. 14–22, 2022, doi: 10.54367/jtiust.v7i1.1648.
- [17] N. Hikmah, A. Zaini, dan H. Santoso, "Analisis Efektifitas Quality of Service pada Jaringan Kabel di Lingkungan SMK PGRI Turen," *Fak. Sains dan Teknol. PGRI Kanjuruhan Malang*, vol. 5, no. 1, hal. 2023, 2023.
- [18] M. I. Iskandar, R. Satra, dan 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, hal. 15–24, 2023, doi: 10.33096/busiti.v4i1.1503.
- [19] M. A. Sadek, E. Gunawan, dan A. H. Muhammad, "Analisis Quality Of Service Jaringan Unbk di Sma Negeri 6 Kota Ternate," vol. 7, no. 2, hal. 627–632, 2023.
- [20] C. Paterson dan R. Calinescu, "Observation-Enhanced QoS Analysis of Component-Based Systems," *IEEE Trans. Softw. Eng.*, vol. 46, no. 5, hal. 526–548, 2020, doi: 10.1109/TSE.2018.2864159.
- [21] F. Isal, "Analisis Dan Manajemen Jaringan Internet Dengan Menggunakan Metode Htb Dan Pcq Pada Pt. Wahana Ottomitra Multiartha," *Prosiding*, vol. 3, hal. 203–208, 2023, doi: 10.59134/prosiding.v3i.360.
- [22] M. F. Hafizena dan D. P. Putri, "Analisis Dan Perancangan Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode HTB Dengan Mikrotik Pada Jaringan SMA Negeri 4 Palembang," *J. Electr. Power Control Autom.*, vol. 6, no. 2, hal. 35, 2024, doi: 10.33087/jepca.v6i2.98.
- [23] I. N. Wijaya, L. Hakim, M. Martanto, Y. A. Wijaya, dan O. Nurdiawan, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Pada SMK Muhammadiyah Karangampel," *INFORMATICS Educ. Prof. J. Informatics*, vol. 6, no. 1, hal. 84, 2022, doi: 10.51211/itbi.v6i1.1698.
- [24] Alfondra Wijaya L. Budi Handoko, "Manajemen Bandwidth Dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang," *Ext. Defects Ger.*, vol. 032111, hal. 241, 2007.
- [25] I. Suryani, L. Lindawati, dan I. Salamah, "Analisa QOS (Quality Of Service) Jaringan Internet Di Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya," *It J. Res. Dev.*, vol. 3, no. 1, hal. 32–42, 2018, doi: 10.25299/itjrd.2018.vol3(1).1846.
- [26] M. H. Andhika, Arip Solehudin, Didi Juardi, dan Garno, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dengan Penambahan Bucket Size Usaha Aj Comp," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 15, no. 1, hal. 9–15, 2022, doi: 10.51903/elkom.v15i1.626.
- [27] Yuda Irawan, Herianto, Siti Aisyah, dan Refni Wahyuni, "Analisa Prioritas Bandwidth Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Studi Kasus : SMK Taruna Mandiri Pekanbaru," *SATIN - Sains dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, hal. 23–31, 2022, doi: 10.33372/stn.v8i1.814.
- [28] F. N. B. Zaki dan L. Lukman, "Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Video Streaming Dengan Metode PCQ Dan HTB Menggunakan Router Mikrotik," *Respati*, vol. 16, no. 3, hal. 25, 2021, doi: 10.35842/jtir.v16i3.415.
- [29] F. W. Christanto, A. F. Daru, dan A. Kurniawan, "Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 2, hal. 407–412, 2021, doi: 10.29207/resti.v5i2.3026.
- [30] I. S. Pesántez-Romero, G. E. Pulla-Lojano, L. F. Guerrero-Vásquez, E. J. Coronel-González, J. O. Ordoñez-Ordoñez, dan J. E. Martinez-Ledesma, "Performance Evaluation of Hybrid Queuing Algorithms for QoS Provision Based on DiffServ Architecture," in *Proceedings of Sixth International Congress on Information and Communication Technology*, X.-S. Yang, S. Sherratt, N. Dey, dan A. Joshi, Ed., Singapore: Springer Singapore, 2022, hal. 333–345.
- [31] D. Iswadi, R. Adriman, dan R. Munadi, "Adaptive Switching PCQ-HTB Algorithms for Bandwidth Management in RouterOS," in *2019 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom)*, IEEE, Agu 2019, hal. 61–65. doi: 10.1109/CYBERNETICSCOM.2019.8875679.
- [32] W. A. Priyono dan C. R. Setiawati, "Aplikasi Metode Per Connection Queue Pada Optimasi Bandwidth Pada Jaringan Internet," *J. EECCIS (Electrics, Electron. Commun. Control. Informatics, Syst.)*, 2022, doi: 10.21776/jeeccis.v15i3.1494.
- [33] L. O. Sari, Utari Nurul Fajar Nasution, E. Safrianti, dan Feranita Jalil, "Implementation of Bandwidth Management and Access Restrictions Using PCQ and Firewall Methods in SMP Tunas Bangsa Network," *Int. J. Electr. Energy Power Syst. Eng.*, 2022, doi: 10.31258/ijeepse.5.3.73-79.