

# OTOMATISASI MANAJEMEN BANDWIDTH INTERNET DENGAN INTEGRASI METODE HTB DAN PCQ DI DESA BARON KABUPATEN GRESIK

Mohammad Syarifuz Zaim\*<sup>1)</sup>, Henni Endah Wahanani<sup>2)</sup>, Achmad Junaidi<sup>3)</sup>

1. Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Surabaya, Indonesia
2. Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Surabaya, Indonesia
3. Universitas Pembangunan Nasional “VETERAN” Surabaya, Indonesia

## Article Info

**Kata Kunci:** Manajemen *bandwidth*, HTB, PCQ, dan MikroTik

## Keywords:

## Article history:

Received 16 October 2024

Revised 24 November 2024

Accepted 5 December 2025

Available online 1 March 2025

## DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v10i1.5802>

\* Corresponding author.

Henni Endah Wahanani

E-mail address:

[henniendah.if@upnjatim.ac.id](mailto:henniendah.if@upnjatim.ac.id)

## ABSTRAK

PT Persada Data Multimedia is an Internet Service Provider (ISP) company that focuses on dedicated network management. Operating in Laren District, Lamongan Regency, PT Persada Data Multimedia expands its services and supports the development of information technology in East Java, including Baron Village, Gresik Regency. In Baron Village, PT Persada Data Multimedia serves about 90 customers. Along with the increase in the number of customers, the complexity of network traffic increases, so effective and efficient network management is required. The use of proper bandwidth management is very necessary, one of which is often used, namely the HTB (Hierarchical Token Bucket) and PCQ (Per Connection Queue) methods. Quality of Service (QoS) is used as a benchmark to define the characteristics of a network service related to the quality of the service by calculating the value of QoS parameters, namely: throughput, packet loss, delay, and jitter. The purpose of this research is to determine the QoS value generated by integrating both HTB and PCQ methods adaptively based on the bandwidth distributed in Baron Village, Gresik Regency. Based on the tests that have been carried out, the QoS analysis results indicate that integrating the HTB and PCQ methods produces satisfactory results, with an index value of 3.375 increasing from the previous value of 3.5 with a value difference of 0.125. This result is based on the average results of test results on 4 QoS parameters: throughput, packet loss, delay, and jitter.

## ABSTRACT

PT. Persada Data Multimedia merupakan perusahaan *Internet Service Provider* (ISP) yang berfokus pada pengelolaan jaringan dedicated. Beroperasi di Kecamatan Laren, Kabupaten Lamongan, PT. Persada Data Multimedia memperluas jangkauan layanan dan mendukung perkembangan teknologi informasi di Jawa Timur, termasuk Desa Baron, Kabupaten Gresik. Di Desa Baron, PT. Persada Data Multimedia melayani sekitar 90 pelanggan. Seiring dengan peningkatan jumlah pelanggan, kompleksitas lalu lintas jaringan meningkat, sehingga diperlukan manajemen jaringan yang efektif dan efisien. Penggunaan manajemen *bandwidth* yang tepat sangat diperlukan, salah satunya yang sering digunakan yaitu metode HTB (Hierarchical Token Bucket) dan PCQ (Per Connection Queue). *Quality of Service* (QoS) digunakan sebagai tolak ukur untuk mendefinisikan karakteristik suatu layanan jaringan terkait kualitas layanan tersebut dengan menghitung nilai parameter QoS, yaitu : *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai QoS yang dihasilkan dengan mengintegrasikan kedua metode HTB dan PCQ secara adaptif berdasarkan *bandwidth* yang didistribusikan di Desa Baron Kabupaten Gresik. Berdasarkan pengujian yang telah dilaksanakan, hasil analisis QoS menandakan bahwa mengintegrasikan metode HTB dan PCQ menghasilkan hasil yang memuaskan, dengan nilai indeks sebesar 3,375 meningkat dari nilai sebelumnya sebesar 3,5 dengan selisih nilai sebesar 0,125. Hasil ini didasarkan pada hasil rata-rata hasil pengujian terhadap 4 parameter QoS : *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*.

## I. PENDAHULUAN

**K**EBUTUHAN akan komunikasi saat ini sangat penting, terutama dengan pesatnya kemajuan dan perkembangan teknologi komunikasi data yang terus mengalami perkembangan seiring berjalannya waktu dengan sangat cepat, mengharuskan adanya perencanaan yang matang dan akurat untuk menciptakan jaringan komputer berkualitas tinggi [1]. Jaringan komputer merupakan sistem yang terdiri dari komputer atau perangkat elektronik yang saling terkoneksi melalui berbagai media komunikasi, seperti kabel atau nirkabel, sehingga memungkinkan pertukaran data dan informasi antar komputer, berbagi sumber daya, dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya [2]. Jaringan komputer berfungsi sebagai infrastruktur yang mengelola dan mengkoordinasikan aliran informasi antar perangkat, memungkinkan interaksi dan pertukaran data secara efisien di berbagai lokasi dengan perangkat yang terhubung ke internet [3]. Dengan adanya jaringan komputer yang baik, komunikasi dan kolaborasi antar individu dan organisasi dapat dilakukan dengan lebih optimal dan efisien. Hal ini sangat krusial dalam era digital saat ini, di mana informasi dan data menjadi komoditas yang sangat berharga. Oleh karena itu, pengembangan dan pengelolaan jaringan komputer yang handal menjadi kunci utama dalam mendukung aktivitas sehari-hari, baik di sektor bisnis, pendidikan, maupun pemerintahan [4].

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi sudah memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kebutuhan akan konektivitas yang cepat dan andal. Jaringan internet memungkinkan semua pengguna untuk mengakses informasi kapanpun dan dimanapun, menjadikannya bagian integral dari kehidupan modern [5] [6]. Untuk memenuhi kebutuhan akan konektivitas yang terus meningkat, diperlukan sistem manajemen *bandwidth* yang tepat untuk mendapatkan kualitas layanan jaringan internet yang optimal salah satunya menggunakan *Quality of Service* (QoS) sebagai tolak ukur kualitas dari layanan tersebut [7]. Hasil *Quality of Service* (QoS) yang baik menunjukkan suatu layanan jaringan internet yang bagus, seperti penggunaan metode manajemen *bandwidth* yang efektif dan efisien [8]. Berbagai strategi pengendalian *bandwidth* dapat diterapkan dalam jaringan internet, termasuk menggunakan *router* MikroTik yang umumnya diterapkan dalam jaringan skala menengah hingga besar. Metode yang umum diterapkan yaitu *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) [9].

Beberapa studi telah dilakukan untuk mengevaluasi metode HTB dan PCQ sebagai teknik pengelolaan *bandwidth* di berbagai lingkungan. Pada penelitian [10] dilakukan di ruang lingkup Fakultas Ilmu Komputer Universitas AMIKOM sekolah dengan membandingkan metode HTB dan PCQ untuk mengetahui metode yang lebih baik untuk diimplementasikan dan didapatkan hasil metode HTB lebih unggul dari PCQ berdasarkan nilai indeks parameter QoS. Pada penelitian [11] melakukan analisis QoS jaringan internet di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Qamarul Huda Baharudin menggunakan metode HTB dengan 3 level pengguna berdasarkan lantai bangunan dan diperoleh hasil yang memuaskan dengan nilai indeks sebesar sebesar 3,67. Pada penelitian [12] melakukan analisa perbandingan performa metode HTB dan PCQ pada beberapa client dan didapatkan hasil penelitian bahwa hasil metode PCQ lebih baik karena memberikan *bandwidth* secara adil dan merata ke setiap *client* yang aktif. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa PCQ memberikan alokasi *bandwidth* yang lebih merata, sedangkan HTB dapat mengalokasikan kapasitas *bandwidth* berdasarkan level pengguna (prioritas). Namun, penelitian-penelitian sebelumnya belum meneliti secara mendalam efektivitas integrasi kedua metode tersebut (HTB dan PCQ) secara bersamaan dalam satu sistem manajemen *bandwidth*. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menguji efektivitas integrasi HTB dan PCQ dalam meningkatkan kualitas jaringan internet secara adaptif berdasarkan penggunaan *bandwidth* untuk manajemen *bandwidth* secara otomatis di lingkungan PT. Persada Data Multimedia Desa pada pelanggan internet di Desa Baron Kabupaten Gresik.

PT. Persada Data Multimedia merupakan perusahaan penyedia layanan internet (ISP) dengan jangkauan pelanggan yang tersebar di berbagai wilayah, termasuk di Desa Baron Kabupaten Gresik yang melayani sekitar 90 pengguna. Pada waktu tertentu pengguna mengalami gangguan koneksi internet lambat, yang mengakibatkan penurunan kualitas layanan jaringan internet yang disediakan oleh perusahaan. Pertanyaan yang muncul adalah permasalahan penerapan metode manajemen *bandwidth* yang sesuai dengan kriteria topologi jaringan di Desa Baron Kab. Gresik. Berdasarkan permasalahan di atas, penulis memfokuskan penelitian pada peningkatan kualitas jaringan internet melalui integrasi dua metode *Quality of Service* (QoS), yaitu metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan metode *Per Connection Queue* (PCQ) secara adaptif menyesuaikan alokasi *bandwidth* menggunakan *router* MikroTik di PT. Persada Data Multimedia. Penelitian dilakukan dengan menganalisis hasil *Quality of Service* (QoS) sebelum dan sesudah integrasi metode HTB dan PCQ di Desa Baron Kecamatan Dukun Kabupaten Gresik. Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan oleh PT. Persada Data Multimedia di wilayah lain yang menghadapi tantangan serupa, sehingga mampu meningkatkan kualitas layanan internet bagi *client* PT. Persada Data Multimedia. Selain itu, penelitian ini memberikan wawasan baru tentang bagaimana kombinasi metode HTB dan PCQ dapat diterapkan secara efektif dalam manajemen *bandwidth*, yang dapat membantu dalam pengembangan kebijakan manajemen jaringan di berbagai sektor.

## II. METODE PENELITIAN

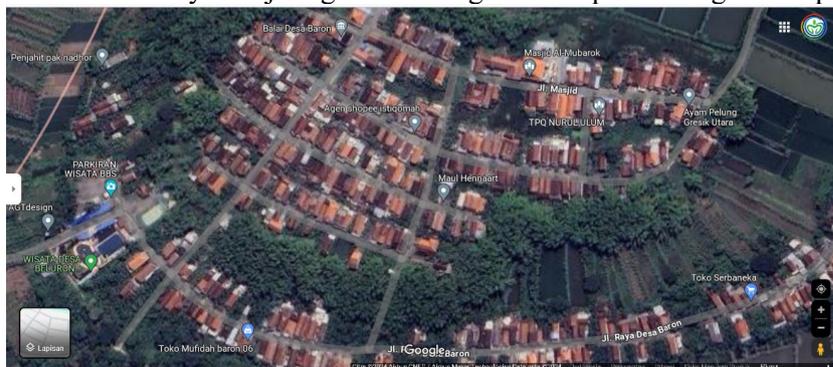
Alur penelitian ini mencakup rancangan kerangka kerja yang akan dilaksanakan selama masa penelitian berlangsung. Rancangan tersebut berfungsi sebagai pedoman dasar untuk menganalisis kualitas layanan internet (QoS) dengan mengintegrasikan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) pada pelanggan PT. Persada Data Multimedia di Desa Baron Kabupaten Gresik. Proses ini bertujuan untuk menciptakan suatu sistem manajemen *bandwidth* yang adaptif dan efektif. Dalam penelitian ini, kerangka kerja yang dirancang melibatkan beberapa tahap, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data awal, penerapan metode HTB dan PCQ, hingga evaluasi hasil. Setiap tahap direncanakan dengan cermat untuk memastikan bahwa integrasi kedua metode QoS dapat dilakukan secara optimal. Analisis kualitas layanan internet akan dilakukan sebelum dan sesudah penerapan metode untuk mengukur peningkatan yang terjadi.

### A. Desain dan Perancangan

Pada penelitian ini, penulis akan menjelaskan tentang alur dan mekanisme integrasi metode HTB dan PCQ, berikut penjelasannya :

#### 1. Denah Lokasi

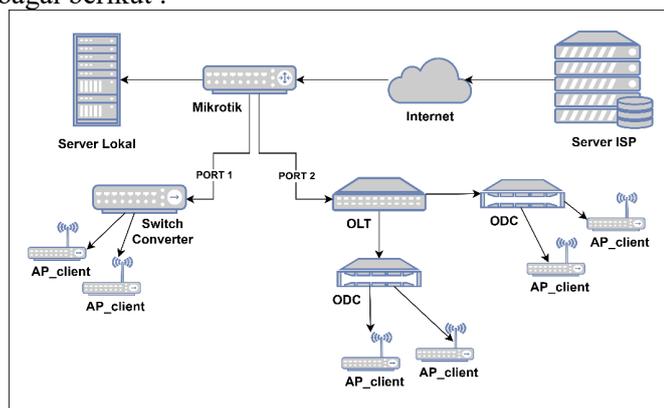
Desa Baron terletak di Kecamatan Dukun Kabupaten Gresik, wilayah Desa Baron merupakan dataran rendah yang dihuni dengan pemukiman yang padat dan tertata rapi, kondisi ini memberikan peluang bagi PT. Persada Dara Multimedia untuk melakukan analisis layanan jaringan internet guna mempertimbangkan ekspansi bisnis.



Gambar 1. Denah wilayah Desa Baron

#### 2. Topologi Jaringan

Topologi jaringan di Desa Baron Kabupaten Gresik yang akan digunakan untuk mengintegrasikan metode HTB dan PCQ pada penelitian ini sebagai berikut :

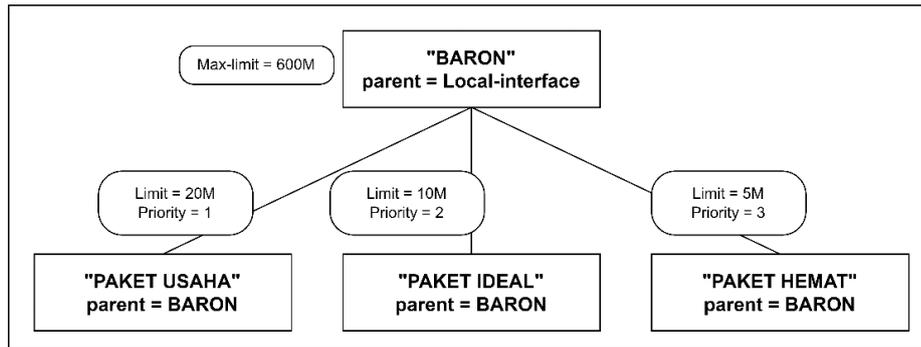


Gambar 2. Topologi jaringan di Desa Baron

Gambar 2. merupakan gambaran umum dari topologi jaringan perusahaan PT. Persada Data Multimedia di Desa Baron Kabupaten Gresik. Internet berasal dari server PT. Persada Data Multimedia yang kemudian didistribusikan melalui MikroTik di Desa Baron, di port 1 internet didistribusikan melalui *switch converter* yang kemudian diparalelkan untuk didistribusikan ke seluruh pelanggan Desa Baron, untuk port 2 internet didistribusikan melalui alat OLT (Optical Line Terminal) yang kemudian diparalelkan untuk didistribusikan ke pelanggan melalui terminal-terminal fiber optik *Optical Distribution Point* (ODP).

#### 3. Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB)

Metode HTB memfasilitasi pembuatan antrian secara hierarkis dengan menggunakan konsep *parent* dan *child*, sesuai dengan kebutuhan peneliti yang membagi pengguna menjadi tiga prioritas berdasarkan paket internet [13]. Metode HTB memungkinkan peneliti untuk mengembangkan *queue* yang lebih terorganisir dengan mengelompokkannya berdasarkan tingkat pengguna (prioritas).

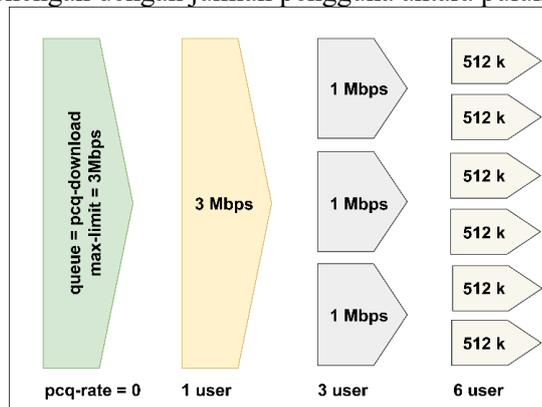


Gambar 3. QoS menggunakan Metode HTB

Pada Gambar 3 untuk *queue parent* bernama “BARON” dengan *parent* awal “Local-interface” yang berfungsi sebagai *root class* selanjutnya *inner class* terbagi menjadi tiga *queue* untuk *queue* kedua bernama “PAKET USAHA” dengan *parent* “BARON”, untuk *queue* ketiga bernama “PAKET IDEAL” dengan *parent* “BARON”, dan untuk *queue* keempat bernama “PAKET HEMAT” dengan *parent* “BARON” selanjutnya untuk *leaf class* berisi *queue* pelanggan yang dikelaskan berdasarkan paket masing-masing.

#### 4. Metode Per Connection Queue (PCQ)

Metode PCQ adalah strategi manajemen *bandwidth* dalam MikroTik RouterOS yang bertujuan untuk menyediakan distribusi lalu lintas yang adil dan merata bagi semua pengguna dengan mencegah kepadatan jaringan dan menjaga konektivitas yang stabil [14]. Metode PCQ sangat efektif untuk diimplementasikan dalam jaringan rumahan atau bisnis kecil hingga menengah dengan jumlah pengguna antara puluhan hingga ratusan [15].

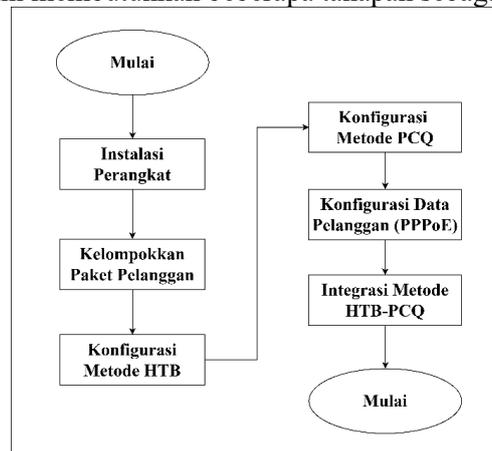


Gambar 4. QoS menggunakan metode PCQ

Penerapan metode PCQ pada penelitian ini digunakan untuk mengelola *bandwidth* di setiap paket internet pada *queue* agar terbagi secara rata dan adil, seperti yang terlihat pada Gambar 4, menggambarkan alokasi *bandwidth* yang dinamis untuk jumlah pengguna yang aktif. Hal ini sesuai dengan kriteria topologi jaringan internet PT. Persada Data Multimedia di Desa Baron yang terdiri dari berbagai rumah dan bisnis kecil yang melayani sekitar 90 pengguna.

#### B. Konfigurasi

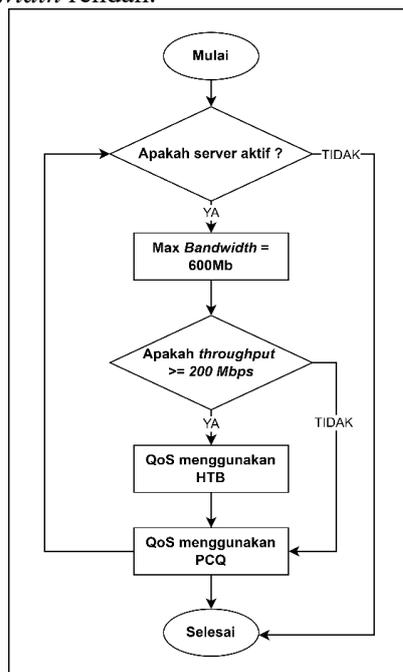
Konfigurasi integrasi metode HTB dan PCQ secara adaptif menyesuaikan alokasi *bandwidth* menggunakan *router* MikroTik dalam penelitian ini membutuhkan beberapa tahapan sebagai berikut :



Gambar 5. Alur pembuatan *system*

Pada gambar 3.5 pembuatan sistem pada penelitian ini membutuhkan beberapa tahapan yaitu :

1. Instalasi perangkat  
Proses ini dilakukan untuk memasang dan menghubungkan segala perangkat yang dibutuhkan sesuai dengan topologi yang sudah dibuat di awal. Dalam proses ini pemasangan harus dilakukan secara hati-hati agar perangkat tidak rusak terutama saat memasang kabel.
2. Kelompokkan paket pelanggan  
Di Desa Baron terdapat 90 pelanggan yang akan dikelompokkan menjadi tiga paket prioritas sesuai penggunaan metode HTB beserta IP Address : paket usaha (192.100.99.1), paket ideal (192.200.99.1), dan paket hemat (192.300.99.1).
3. Konfigurasi data pelanggan (PPPoE)  
Pada Proses ini penulis akan memberikan IP Address pada masing masing perangkat sebagai identitas agar bisa dikenali oleh perangkat jaringan yang lain sehingga menjadi lebih mudah saat melakukan konfigurasi. Dalam proses pemberian IP Address harus diperhatikan pada bagian *network* dan *gateway* pada tiap IP supaya tidak terjadi *overlap*. Untuk pemberian IP Address pada pelanggan penulis menggunakan fitur PPPoE dengan beberapa fitur yang didapatkan, seperti : autentifikasi pengguna, kontrol akses, dan monitoring yang mudah. Untuk data PPPoE user agar mendapatkan IP Address secara otomatis perlu dilakukan konfigurasi pada menu “IP-Pool” pada Mikrotik.
4. Konfigurasi metode HTB pada MikroTik  
Dalam proses ini penulis akan membuat *queue* sesuai kelas dan prioritas yang telah ditentukan pada menu “queues” di fitur “queue tree”. Untuk HTB root digunakan untuk menetapkan batas maksimum keseluruhan bandwidth yang digunakan dengan batas maksimal 400 Mbps, selanjutnya membuat *queue* pada “queue tree” untuk *inner class* sesuai klasifikasi data user berdasarkan paket yang telah ditentukan sesuai prioritasnya. Kemudian, untuk *leaf class* berisi *queue* pelanggan yang dikelaskan berdasarkan paket yang tersebar di wilayah Desa Baron Kabupaten Gresik.
5. Konfigurasi metode PCQ pada MikroTik  
Proses ini sangat penting untuk dilakukan, dimana proses ini bertujuan untuk meratakan penggunaan *bandwidth* di antara koneksi individu dalam kelas HTB yang telah ditentukan. Penulis akan mengkonfigurasi “pcq-upload” dan “pcq-download” pada menu “simple queues”.
6. Penambahan *script* pada *router OS*  
Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan metode yang diusulkan (integrasi metode HTB dan PCQ secara adaptif sesuai alokasi bandwidth), proses otomatisasi dilakukan dengan menambahkan aturan pada *router* melalui *scripting* di menu “system scripts” pada MikroTik. Metode HTB digunakan untuk manajemen *bandwidth* ketika penggunaan *bandwidth* tinggi, sedangkan metode PCQ digunakan untuk manajemen *bandwidth* ketika penggunaan *bandwidth* rendah.



Gambar 6. Alur jalannya *script*

### C. Skema Pengujian

Untuk memenuhi tujuan utama penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menilai kualitas layanan internet menggunakan parameter *Quality of Service* (QoS) pada pelanggan PT. Persada Data Multimedia di Desa Baron, Kabupaten Gresik.

1. Sampel pengguna diambil dari pelanggan internet PT. Persada Data Multimedia di Desa Baron Kabupaten Gresik. Pengujian dilakukan selama periode penggunaan internet pada jam aktif untuk siang hari (12:00-13:00) dan malam hari (19:00-20:00) pengujian berlangsung selama satu minggu.
2. Prosedur pengujian dibagi menjadi dua tahap : pengujian sebelum dan sesudah mengintegrasikan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) secara adaptif. Tahap pertama melibatkan pengumpulan data QoS dalam kondisi *eksisting* untuk memahami kinerja jaringan sebelum penerapan metode. Tahap kedua melibatkan pengumpulan data sesudah integrasi metode HTB dan PCQ untuk mengevaluasi perubahan kinerja jaringan.
3. Proses pengujian dilakukan dengan meng-*capture interface* pada MikroTik menggunakan *tools > packet sniffer*. Data yang dikumpulkan mencakup *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Pengumpulan data dilakukan secara kontinu untuk mendapatkan gambaran yang akurat mengenai performa jaringan..
4. Analisis Hasil pengujian dievaluasi dengan membandingkan hasil sebelum dan sesudah metode diterapkan untuk menentukan efektivitasnya. Faktor-faktor *Quality of Service* (QoS) yang dianalisis meliputi *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

Untuk menentukan keberhasilan penerapan metode HTB dan PCQ, hasil pengujian dibandingkan dengan standar nilai minimum yang diinginkan oleh PT. Persada Data Multimedia. Keberhasilan diukur berdasarkan apakah parameter QoS sesudah penerapan metode berada dalam batas-batas yang ditetapkan. Nilai minimum yang ditetapkan dalam parameter-parameter *Quality of Service* (QoS) untuk parameter *delay*, *jitter*, dan *packet loss* dengan nilai indeks minimal 3, sedangkan untuk *throughput* minimal 50% dari *bandwidth* atau dengan nilai indeks 2 berdasarkan standar TIPHON.

### D. *Quality of Service* (QoS)

QoS digunakan sebagai tolak ukur dalam menilai kualitas jaringan internet. Berikut standar nilai kualitas jaringan pada *Quality of Service* (QoS) dari TIPHON (Telecommunication Harmonization Over Networks) [16].

TABEL I  
 INDEKS TIPHON

Nilai	Presentase (%)	Indeks
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

Terdapat beberapa perhitungan dalam parameter QoS yang digunakan :

#### 1. *Delay* (latency)

*Delay* (latency) adalah waktu yang diperlukan bagi data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. *Delay* dapat disebabkan oleh jarak, jenis media fisik yang digunakan, kepadatan lalu lintas (congestion), atau waktu pemrosesan yang panjang [17]. Rumus untuk perhitungan manual perhitungan *delay* (latency) dapat dilihat pada persamaan di bawah ini :

$$\text{Rata Rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket yang Diterima}} \quad (1)$$

Penghitungan rata-rata delay menghasilkan nilai dalam satuan detik (s) yang kemudian dikonversi ke satuan milidetik (ms). Semakin rendah nilai delay, semakin baik kualitas jaringan internet [18]. Informasi tentang klasifikasi kualitas berdasarkan nilai delay pada TABEL II.

TABEL II  
 NILAI DELAY

Kategori Latensi	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 ms s/d 300 ms	3
Sedang	300 ms s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

#### 2. *Packet loss*

*Packet loss* merupakan parameter yang menunjukkan kondisi di mana jumlah paket yang hilang karena *collision* dan *congestion* pada jaringan melebihi ambang batas yang ditentukan [19]. Perhitungan *packet loss* dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\text{Packet Loss} = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}) \times 100\%}{\text{Paket Data yang Dikirim}} \quad (2)$$

Semakin rendah tingkat kehilangan paket (packet loss), semakin tinggi kualitasnya. Kategori kualitas jaringan

internet baik dan buruk, berdasarkan tingkat *ppacket loos*, diklasifikasikan sebagaimana pada TABEL III.

TABEL III  
 NILAI *PACKET LOOS*

Kategori Latensi	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	>25%	1

### 3. Throughput

*Throughput* adalah kecepatan efektif transfer data yang diukur dalam bit per detik (bps). *Throughput* didefinisikan sebagai jumlah total paket yang berhasil diterima di tujuan selama interval waktu tertentu, dibagi dengan durasi interval waktu tersebut [20]. Dalam perhitungan kualitas layanan jaringan internet, parameter QoS berikutnya adalah *throughput*. Untuk perhitungan *throughput*, lihat persamaan berikut :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket Data Diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} \quad (3)$$

Untuk perhitungan *throughput* dalam persentasi dengan rumus berikut :

$$\% \text{Throughput} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Alokasi bandwidth}} \times 100\% \quad (4)$$

Semakin rendah nilai *throughput*, semakin rendah kualitas jaringan [21]. Kualitas jaringan diklasifikasikan ke dalam kategori baik dan buruk berdasarkan nilai *throughput*, seperti yang ditunjukkan pada TABEL IV

TABEL IV  
 NILAI *THROUGHPUT*

Kategori Latensi	Besar <i>Throughput</i> (%)	Indeks
Sangat Bagus	100%	4
Bagus	75%	3
Sedang	50%	2
Jelek	< 25%	1

### 4. Jitter

*Jitter* disebabkan oleh variasi dalam panjang antrian, waktu pemrosesan data, dan waktu penyusunan ulang paket menjelang akhir perjalanan. Penundaan dalam antrian pada *router* dan *switch* dapat menjadi penyebab *jitter* [22]. Perhitungan *jitter* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket yang Diterima}} \quad (5)$$

Total variasi *delay* diperoleh dengan mengurangi total *delay* dengan rata-rata *delay*. Semakin rendah nilai *jitter*, semakin baik kecepatan dan kualitas jaringan [23]. Klasifikasi jaringan berdasarkan nilai *jitter* pada TABEL V.

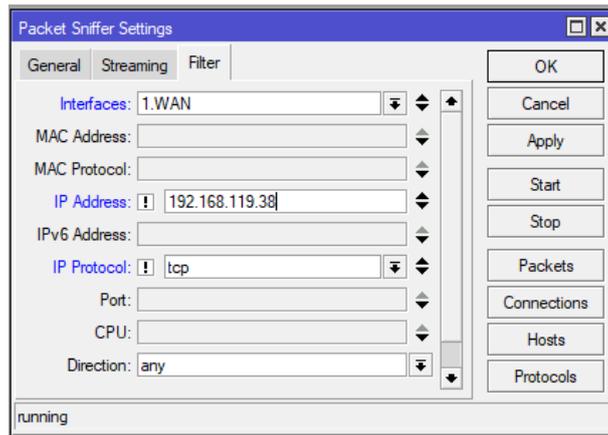
TABEL V  
 NILAI *JITTER*

Kategori Latensi	Besar <i>Jitter</i> (ms)	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms s/d 75 ms	3
Sedang	75 ms s/d 125 ms	2
Jelek	75 ms s/d 225 ms	1

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

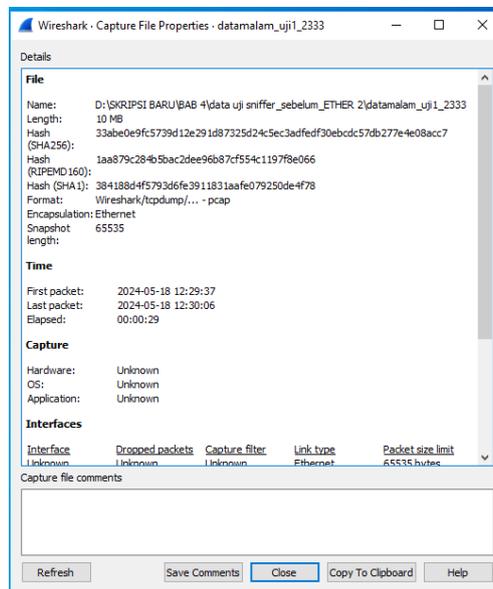
### A. Pengujian Kondisi Saat Ini

Untuk menangkap seluruh *traffic packet* yang melalui *RouterOS* ke *Wireshark*, melalui fitur pada Mikrotik *tools* >> *packet snifer* yang terdapat pada menu *Winbox*. Untuk konfigurasi pada menu *streaming*, centang opsi "streaming enabled" untuk mengaktifkan fitur *streaming*. Selanjutnya, masukkan alamat IP *administrator* sebagai server yang bertugas menangkap paket lalu lintas. Pada bagian menu *filter*, isi bagian IP *address* dengan IP *network* yang sesuai untuk *interface* yang digunakan.



Gambar 7. Menu “Fitur” pada fitur *packet sniffer*

Pada Gambar 7 kolom *IP Address* dengan IP 192.168.119.38, selanjutnya protokol IP yang digunakan yaitu TCP karena protokol TCP membantu *packet sniffer* dalam mengidentifikasi jenis lalu lintas yang dikirim dan diterima oleh perangkat jaringan sehingga memungkinkan analisis mendalam terhadap lalu lintas jaringan.



Gambar 8. Hasil *capture* paket di aplikasi Wireshark

Pada Gambar 8 merupakan hasil informasi terkait *capture packet* TCP yang di ambil pada menu *Statistic > Capture File Properties* di aplikasi Wireshark.

TABEL VI  
 DATA PENGUKURAN PADA SIANG HARI KONDISI SAAT INI

Pengujian	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter
Data uji 1	133,782	0 %	25,784	25,756
Data uji 2	125,892	0 %	38,425	38,436
Data uji 3	172,271	0 %	8,093	8,103
Data uji 4	117,982	0 %	12,594	12,582
Data uji 5	158,292	0 %	21,385	21,381
Data uji 6	138,238	0 %	9,238	9,233
Data uji 7	122,878	0 %	14,194	14,192
Data uji 8	123,892	0 %	4,239	4,237
Data uji 9	153,273	0 %	31,493	31,489
Data uji 10	138,327	0 %	24,940	24,939
<b>Total</b>	<b>1384,83</b>	<b>0 %</b>	<b>190,385</b>	<b>190,348</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>138,483</b>	<b>0 %</b>	<b>19,038</b>	<b>19,035</b>
<b>Indeks TIPHON</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Pada TABEL VI merupakan data pengujian parameter QoS pada siang hari dengan kondisi sebelum dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil rata-rata *throughput* sebesar 138,483 Mbps dengan nilai indeks 2, *packet loos* sebesar 0% dengan nilai indeks 4, *delay* sebesar 19,038 ms dengan nilai indeks 4, dan *jitter* sebesar 19,038 ms dengan nilai indeks 3.

TABEL VII  
 DATA PENGUKURAN PADA MALAM HARI KONDISI SAAT INI

Pengujian	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter
Data uji 1	177,892	0 %	21,659	21,219
Data uji 2	212,236	0 %	8,289	8,274
Data uji 3	203,293	0 %	14,599	14,6
Data uji 4	173,205	0 %	7,434	7,413
Data uji 5	160,289	0 %	18,313	18,276
Data uji 6	172,147	0 %	11,259	11,103
Data uji 7	168,294	0 %	19,236	19,236
Data uji 8	192,385	0 %	23,165	23,163
Data uji 9	159,827	0 %	1,069	1,0687
Data uji 10	187,148	0 %	10,02	10,02
<b>Total</b>	<b>1806,72</b>	<b>0 %</b>	<b>134,373</b>	<b>134,373</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>180,672</b>	<b>0 %</b>	<b>13,437</b>	<b>13,437</b>
<b>Indeks TIPHON</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Pada TABEL VII merupakan data pengujian parameter QoS pada malam hari dengan kondisi sebelum dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil rata-rata *throughput* sebesar 180,672 Mbps dengan nilai indeks 2, *packet loos* sebesar 0% dengan nilai indeks 4, *delay* sebesar 13,437 ms dengan nilai indeks 4, dan *jitter* sebesar 13,437 ms dengan nilai indeks 3.

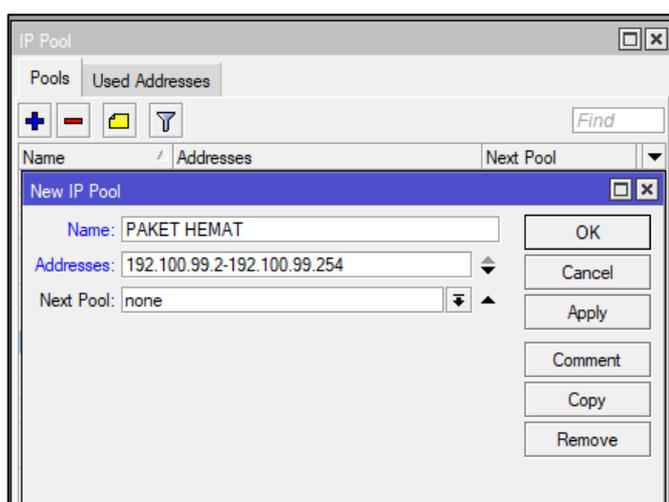
Hasil data uji pada siang hari dan malam hari dengan kondisi sebelum dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil indeks QoS yang sama, namun nilai parameter pada malam hari lebih baik dibandingkan siang hari pada parameter *throughput*, *dely*, dan *jitter*.

## B. Proses Konfigurasi

Pada bagian ini, penulis mempersiapkan segala hal yang diperlukan untuk penelitian ini. Proses yang dilakukan meliputi pemasangan perangkat keras dan perangkat lunak.

### 1. Konfigurasi IP Pool

Penulis akan membuat tiga IP Poll dengan tedapat tiga paket layanan yang ditawarkan, di mana pengguna akan mendapatkan blok IP yang berbeda sesuai dengan paket yang diinginkan.



Gambar 9. Menambahkan IP Pool baru

### 2. Konfigurasi PPPoE Client

PPPoE digunakan oleh penulis untuk mengkoneksikan data ke pelanggan, yang pertama dilakukan konfigurasi pada menu "PPPoE Servers".

### 3. Konfigurasi metode PCQ

Konfigurasi selanjutnya yaitu pembuatan *queue* menerapkan metode PCQ (Per Connection Queue), penulis

mengkonfigurasi pada bagian “Queue Types” untuk *upload* dan *download* yang kemudian dikoneksikan ke menu “Simple Queue” digunakan penulis sebagai pengaturan aliran jaringan internet menggunakan metode PCQ.

#### 4. Konfigurasi metode HTB

Konfigurasi selanjutnya yaitu pembuatan *queue* menerapkan metode HTB (Hierarchical Token Bucket), penulis mengkonfigurasi pada bagian “Queue Tree” untuk membuat *queue parent* dan *child* yang kemudian dikoneksikan ke *mangel* untuk menandai lalu lintas jaringan internet. Penulis menerapkan metode HTB yang terdiri dari 3 *queue child*, yaitu : PAKET HEMAT, PAKET IDEAL, dan PAKET USAHA yang memiliki prioritas berbeda-beda.

#### 5. Konfigurasi integrasi metode HTB dan PCQ

Untuk konfigurasi integrasi metode HTB dan PCQ, penulis menggunakan *script* dimana apabila *bandwidth* internet kurang dari 200Mbps menggunakan metode PCQ (Simple Queue) dan apabila *bandwidth* internet lebih dari 200Mbps maka menggunakan metode HTB (Queue Tree) dengan terbagi menjadi 3 PAKET pada bagian koneksi PPPoE.

- *Script* untuk memantau *throughput* dan mengubah *queue*

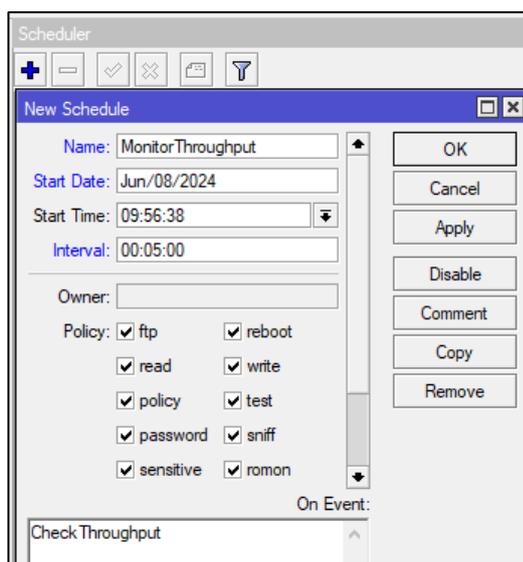
```
:local currentTraffic [/interface monitor-traffic ether1 once as-value];
:local rxRate ($currentTraffic->"rx-bits-per-second");
:local txRate ($currentTraffic->"tx-bits-per-second");
:local totalRate ($rxRate + $txRate);

:if ($totalRate < 200000000) do={
    /queue tree disable [find name="Queue-HTB"];
    /queue simple enable [find name="Queue-PCQ"];
} else={
    /queue simple disable [find name="Queue-PCQ"];
    /queue tree enable [find name="Queue-HTB"];
}
```

Bahasa pemrograman yang digunakan dalam rule ini menggunakan MikroTik *Scripting Language*. *Script* ini memantau lalu lintas yang *melalui* interface `ether1` pada MikroTik dan menyesuaikan pengaturan antrian berdasarkan tingkat lalu lintas yang disesuaikan. Pertama, *script* mengambil jumlah bit per detik yang diterima (`rxRate`) dan dikirim (`txRate`) pada `ether1`, kemudian program menghitung total lalu lintas (`totalRate`). Jika total lalu lintas kurang dari 200 Mbps, program menonaktifkan antrian *Queue Tree* “Queue-HTB” dan mengaktifkan antrian Simple Queue “Queue-PCQ”. Sebaliknya, jika total lalu lintas sama dengan atau lebih dari 200 Mbps, program menonaktifkan Simple Queue “Queue-PCQ” dan mengaktifkan *Queue Tree* “Queue-HTB”. Dengan cara ini, program secara dinamis mengelola antrian untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* berdasarkan kondisi lalu lintas jaringan saat ini.

- Menjadwalkan *script*

Dengan atau lebih dari 200 Mbps, program menonaktifkan *Simple Queue* “Queue-PCQ” dan mengaktifkan *Queue Tree* “Queue-HTB”. Dengan cara ini, program secara dinamis mengelola antrian untuk mengoptimalkan penggunaan *bandwidth* berdasarkan kondisi lalu lintas jaringan saat ini.



Gambar 10. Penambahan *schedule* baru

### C. Hasil Pengujian Integrasi Metode HTB dan PCQ

Untuk mengevaluasi kinerja metode yang disarankan, dengan mengintegrasikan metode HTB dan PCQ secara

adaptif, proses pengujian yang sama seperti sebelumnya telah diikuti. Teknik pengujian ini membandingkan hasil sebelum dan sesudah penerapan metode baru untuk mengevaluasi peningkatan kinerja pada parameter QoS. Pengujian ini mencakup analisis mendalam terhadap berbagai kondisi jaringan, seperti beban siang hari dan malam hari, guna menilai efektivitas metode integrasi dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan.

TABEL VIII  
 DATA PENGUKURAN PADA SIANG HARI INTEGRASI METODE HTB DAN PCQ

Pengujian	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter
Data uji 1	137,184	0 %	0,893	0,901
Data uji 2	187,298	0 %	0,362	0,358
Data uji 3	169,627	0 %	2,832	2,829
Data uji 4	131,475	0 %	8,783	8,79
Data uji 5	158,383	0 %	0,872	0,871
Data uji 6	174,825	0 %	18,873	18,868
Data uji 7	152,248	0 %	24,892	24,886
Data uji 8	168,395	0 %	0,861	0,863
Data uji 9	203,729	0 %	0,872	0,862
Data uji 10	221,482	0 %	4,347	4,339
<b>Total</b>	<b>1704,65</b>	<b>0 %</b>	<b>63,587</b>	<b>63,567</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>170,465</b>	<b>0 %</b>	<b>6,359</b>	<b>6,357</b>
<b>Indeks TIPHON</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Pada TABEL VIII merupakan data pengujian parameter QoS pada malam hari dengan kondisi sesudah dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil rata-rata *throughput* sebesar 170,465 Mbps dengan nilai indeks 2, *packet loos* sebesar 0% dengan nilai indeks 4, *delay* sebesar 6,359 ms dengan nilai indeks 4, dan *jitter* sebesar 6,357 ms dengan nilai indeks 3.

TABEL IX  
 DATA PENGUKURAN PADA MALAM HARI INTEGRASI METODE HTB DAN PCQ

Pengujian	Throughput	Packet Loss	Delay	Jitter
Data uji 1	273,258	0 %	0,103	0,103
Data uji 2	232,547	0 %	0,113	0,113
Data uji 3	241,829	0 %	0,143	0,143
Data uji 4	264,284	0 %	0,137	0,137
Data uji 5	259,274	0 %	0,121	0,121
Data uji 6	247,528	0 %	0,22	0,22
Data uji 7	221,254	0 %	35,94	35,943
Data uji 8	284,575	0 %	0,189	0,189
Data uji 9	268,973	0 %	0,209	0,209
Data uji 10	238,278	0 %	0,282	0,282
<b>Total</b>	<b>2531,8</b>	<b>0 %</b>	<b>37,457</b>	<b>37,46</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>253,18</b>	<b>0 %</b>	<b>3,746</b>	<b>3,746</b>
<b>Indeks TIPHON</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Pada TABEL IX merupakan data pengujian parameter QoS pada malam hari dengan kondisi sesudah dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil rata-rata *throughput* sebesar 253,18 Mbps dengan nilai indeks 3, *packet loos* sebesar 0% dengan nilai indeks 4, *delay* sebesar 3,746 ms dengan nilai indeks 4, dan *jitter* sebesar 3,746 ms dengan nilai indeks 3.

Hasil data uji pada siang hari dan malam hari dengan kondisi sebelum dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil indeks QoS yang sama, namun nilai parameter pada malam hari lebih baik dibandingkan siang hari pada parameter *throughput*, *dely*, dan *jitter*.

#### D. Analisa Hasil

Hasil analisis dalam penelitian ini berdasarkan dari sepuluh uji coba yang dilakukan pada jam-jam aktif penggunaan internet di siang hari (12.00-13.00) dan malam hari (19.00-20.00) untuk mengevaluasi kinerja manajemen *bandwidth* dengan pendekatan sebelum dan sesudah menerapkan integrasi HTB dan PCQ.

TABEL X  
 DATA PENGUKURAN PADA PENGUJIAN KONDISI SAAT INI (TIPHON)

Parameter QoS	Siang (12.00-13.00)	Malam (19.00- 20.00)	Rata –rata
Throughput	2	2	2
Delay	4	4	4
Jitter	4	4	4
Packet Loss	3	3	3
<b>Rata-rata QoS</b>			<b>3,25</b>

Pada TABEL X hasil nilai rata-rata parameter QoS pada pengujian kondisi saat ini di siang dan malam hari dengan nilai indeks sebesar 3,25 dengan kategori memuaskan, berdasarkan nilai rata-rata *throughput* 2, rata-rata *delay* 4, rata-rata *jitter* 4, dan rata-rata *packet loss* 3.

TABEL XI  
 DATA PENGUKURAN PADA PENGUJIAN INTEGRASI HTB DAN PCQ (TIPHON)

Parameter QoS	Siang (12.00-13.00)	Malam (19.00- 20.00)	Rata –rata
Throughput	2	3	2,5
Delay	4	4	4
Jitter	4	4	4
Packet Loss	3	3	3
<b>Rata-rata QoS</b>			<b>3,375</b>

Pada TABEL XI hasil nilai rata-rata parameter QoS pada pengujian integrasi metode HTB dan PCQ di siang dan malam hari dengan nilai indeks sebesar 3,375 dengan kategori memuaskan, berdasarkan nilai rata-rata *throughput* 2,5, rata-rata *delay* 4, rata-rata *jitter* 4, dan rata-rata *packet loss* 3.

Hasil data uji pada siang hari dan malam hari dengan kondisi sebelum dan sesudah dilakukan integrasi metode HTB dan PCQ didapatkan hasil terjadi peningkatan indeks QoS sebesar 0,125 dari sebelum integrasi sebesar 3,25 dan sesudah integrasi sebesar 3,375. Peningkatan signifikan terjadi pada parameter *throughput* di kondisi malam hari sesudah integrasi metode HTB dan PCQ dengan nilai indeks QoS 3, peningkatan juga pada nilai *delay* dan *jitter*.

Hasil beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa HTB dapat mengalokasikan kapasitas *bandwidth* berdasarkan level pengguna (prioritas) [10], sedangkan PCQ memberikan alokasi *bandwidth* yang lebih merata [12]. Dalam konteks penelitian ini, integrasi metode HTB dan PCQ tidak hanya meningkatkan indeks QoS secara keseluruhan tetapi juga menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut dapat mengatasi kekurangan masing-masing metode secara efektif. Peningkatan *throughput* yang signifikan dan perbaikan pada *delay* dan *jitter* mengindikasikan bahwa metode HTB dapat memberikan prioritas yang diperlukan di saat penggunaan *bandwidth* tinggi, sementara PCQ memastikan distribusi *bandwidth* yang merata di saat penggunaan *bandwidth* rendah. Hal ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya dan menunjukkan bahwa kombinasi metode ini dapat memberikan solusi yang lebih komprehensif untuk manajemen *bandwidth* secara otomatis di jaringan dengan berbagai kebutuhan pengguna, sehingga dapat mengoptimalkan kualitas layanan jaringan internet.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisis *Quality of Service* (QoS) dari pengujian ini menunjukkan bahwa penerapan integrasi metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Per Connection Queue* (PCQ) mendapatkan hasil yang memuaskan, dengan nilai indeks sebesar 3,375 dari sebelum metode integrasi HTB dan PCQ diterapkan nilai indeks sebesar 3,25. Hasil ini diperoleh dari rata-rata hasil pengujian pada 4 parameter QoS yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* yang dilakukan sebelum dan sesudah metode integrasi HTB dan PCQ diterapkan dengan total *bandwidth* 400Mbps. Metode HTB digunakan sebagai manajemen pengguna melalui pengklasifikasian pengguna dan pemberian prioritas ke dalam 3 *class* menggunakan fitur *queue tree* ketika *bandwidth* jalan lebih dari 200Mbps, sementara metode PCQ membantu dalam memberikan akses internet yang lebih merata pada pengguna yang aktif menggunakan fitur *simple queue* ketika *bandwidth* jalan kurang dari 200Mbps. Melalui klasifikasi pengguna, ditemukan bahwa HTB mampu menjamin ketersediaan *bandwidth* untuk semua pengguna sesuai dengan kapasitas yang ditentukan, dan sisa *bandwidth* akan dialokasikan dengan tepat sesuai dengan tingkat prioritas mereka (pengguna dengan prioritas 1 akan mendapatkan sisa *bandwidth* tertinggi). Selain itu, penelitian ini telah menunjukkan bahwa konsep PCQ dinamis yang diajukan memberikan akses internet yang lebih adil kepada semua pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan rata-rata sebesar 0,125 dalam indeks *Quality of Service* (QoS). Peningkatan ini menyoroiti bagaimana integrasi HTB dan PCQ secara dinamis dapat meningkatkan

distribusi *bandwidth* dan memperbaiki pengalaman pengguna secara keseluruhan dibandingkan dengan kondisi manajemen jaringan sebelumnya.

Dengan hasil analisis ini maka metode yang diusulkan dengan mengintegrasikan metode HTB (Hierarchical Token Bucket) dan PCQ (Per Connection Queue) layak dan dapat diimplementasikan pada jaringan internet PT.Persada Data Multimedia di Desa Baron Kabupaten Gresik sesuai standarisasi *Telecommunication and Internet Protocol Harmonization Over Networks* (TIPHON). Penelitian selanjutnya dapat memfokuskan pada penambahan *algoritma* klasifikasi *machine learning* untuk merangking pengguna berdasarkan jenis trafik jaringan yang sedang di akses, seperti *streaming* atau browsing untuk menciptakan manajemen jaringan yang lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. R. Rachmadi, "Analisis Kinerja Jaringan Wireless Lan Menggunakan Metode Qos (Quality of Service) Di Perpustakaan Smk Negeri 5 Bandar Lampung," *J. Eng. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 1, hal. 110–117, 2023, doi: 10.33365/jecsit.v1i1.14.
- [2] D. Aditya Rachman, Y. Muhyidin, dan M. Agus Sunandar, "ANALYSIS QUALITY OF SERVICE OF INTERNET NETWORK FIBER TO THE HOME SERVICE PT. XYZ USING WIRESHARK," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, hal. 2830–7062, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3%20s1.3436.
- [3] D. D. Papaceda, A. Mewengkang, dan S. Pratasik, "Analisis dan Pengembangan Jaringan Komputer di SMK Negeri 8 Weda Halmahera Tengah," *Eduatik J. Pendidik. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 3, no. 1, hal. 1–13, 2023, doi: 10.53682/edutik.v3i1.6465.
- [4] W. P. Putra, A. Sumarudin, dan K. A. Cahyanto, "Penerapan Quality of Service (QoS) pada Fiber to the Home (FTTH) di Graha Sudirman Indramayu," *IKRA-ITH ABDIMAS*, vol. 6, no. 1, hal. 70–75, Nov 2022, doi: 10.37817/ikra-ithabdimas.v6i1.2371.
- [5] D. Mukarromah dan J. A. Yani No, "Literature Review: Analisis Pendekatan Top down Network Design Pada Perancangan Jaringan Komputer," *J. Jar. Komput. dan Keamanan JKK*, vol. 04, no. 03, hal. 19–24, 2023.
- [6] W. P. Putra, A. Sumarudin, K. A. Cahyanto, P. Negeri Indramayu, dan P. N. Indramayu, "Penerapan Quality of Service (QoS) pada Fiber to the Home (FTTH) di Graha Sudirman Indramayu," 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1567.
- [7] T. O. Sidqi, I. Fitri, dan N. D. Nathasia, "Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada Jaringan Mikrotik," *JUPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 6, no. 1, hal. 132–138, 2021, doi: 10.29100/jupi.v6i1.1927.
- [8] B. Siregar, A. Fadli, dan A. Hizriadi, "Controlling of Quality of Service in Campus Area Network Using OpenDaylight with Hierarchical Token Bucket Method," *Int. Conf. ICT Smart Soc.*, hal. 1–5, 2020, doi: 10.1109/ICISS50791.2020.9307599.
- [9] M. Iqbal 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.
- [10] A. A. Tambunan, "Analisis Perbandingan Quality Of Service (Qos) Pada Performa Bandwidth Jaringan Dengan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dan Per Connection Queue (Pcq)," *J. Teknol. Inf.*, vol. 3, 2020.
- [11] 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.
- [12] S. Sugianto, "PERBANDINGAN PERFORMANCE MANAGEMEN BANDWIDTH METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET ( HTB) DAN PER CONNECTION QUEUE MENGGUNAKAN MIKROTIK RB450G." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.researchgate.net/publication/338710096>
- [13] Y. B. Pello dan R. Efendi, "Analisis Quality of Service Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Studi Kasus: Fti Uksw) Quality of Service Analysis Using The Hierarchical Token Bucket Method (Case Study: Swcu Fti)," *J. Inform. dan Komputer) Akreditasi KEMENRISTEKDIKTI*, vol. 4, no. 3, 2021, doi: 10.33387/jiko.
- [14] S. Subektiningsih, R. Renaldi, dan P. Ferdiansyah, "Analisis Perbandingan Parameter QoS Standar TIPHON Pada Jaringan Nirkabel Dalam Penerapan Metode PCQ," *Explore*, vol. 12, no. 1, hal. 57, 2022, doi: 10.35200/explore.v12i1.527.
- [15] A. W. Mahfuzi, D. Abdullah, U. Juahardi, M. Marhalim, dan 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, hal. 339–350, 2023, doi: 10.37676/jmi.v19i2.4173.
- [16] M. S. Anwar, "Analisis QoS (Quality of Service) Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Kombinasi Simple Queue dan PCQ (Per Connection Queue) pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, hal. 82–97, 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.24.
- [17] M. Mahmud dan Y. Aprizal, "The Penerapan QoS (Quality Of Service) Dalam Menganalisis Kualitas Kinerja Jaringan Komputer (Studi Kasus Hotel Maxone Palembang)," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 3, no. 4, hal. 374–379, Jul 2022, doi: 10.47065/josh.v3i4.1567.
- [18] N. Gunantara, I. M. O. Widyantara, I. P. Ardana, K. O. Saputra, dan I. N. Bernadus, "Improving Internet Network Performance through Bandwidth Management," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 12, no. 12, hal. 61–68, Des 2022, doi: 10.46338/ijetae1222\_07.
- [19] Y. Yustini, A. A. Asril, H. N. Nawir, R. Hafizt, dan A. Warman, "Implementasi dan Performansi Jaringan Fiber To The Home dengan Teknologi GPON," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 18, no. 2, hal. 59, 2021, doi: 10.31963/elekterika.v18i2.3032.
- [20] I. Nurrobi, K. Kusnadi, dan R. Adam, "PENERAPAN METODE QoS (QUALITY OF SERVICE) UNTUK MENGANALISA KUALITAS KINERJA JARINGAN WIRELESS," *J. Digit*, vol. 10, no. 1, hal. 47, 2020, doi: 10.51920/jd.v10i1.155.
- [21] R. S. L. dan M. Pinem, "Analisis Quality of Service (QoS) Jaringan Internet di SMK Telkom Medan," *Singuda Ensikom*, vol. 7, no. 3, hal. 1, 2014.
- [22] H. Kusbandono dan E. M. Syafitri, "Penerapan Quality Of Service (QoS) dengan Metode PCQ untuk Manajemen Bandwidth Internet pada WLAN Politeknik Negeri Madiun," *Res. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 2, no. 1, hal. 7, 2019, doi: 10.25273/research.v2i1.3743.
- [23] M. Hasbi dan N. R. Saputra, "Analisis Quality of Service ( Qos ) Jaringan Internet Kantor Pusat King Bukopin Dengan Menggunakan Wireshark," *Univ. Muhammadiyah Jakarta*, vol. 12, no. 1, hal. 1–7, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/article/view/13596>