



Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik

April Firman Daru¹, Febrian Wahyu Christanto², Arif Kurniawan³

^{1,2,3} Jurusan Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Semarang

¹firman@usm.ac.id, ²febrian.wahyu.christanto@usm.ac.id*, ³arif.coms@gmail.com

Abstract

Bandwidth problems are the most frequently encountered problems in sharing information traffic or internet access on computer networks. The factor that causes slow internet access is the large number of devices connected to the internet that are not matched by the availability of sufficient bandwidth and the lack of available bandwidth. This can be accommodated with bandwidth management methods. Bandwidth management in Mikotik uses several bandwidth sharing methods such as PCQ (Per Connection Queue), Queue Tree, and HTB (Hierchichal Token Bucket). This research uses 2 (two) bandwidth management methods, namely PCQ and Queue Tree because these methods can divide bandwidth automatically according to the number of active users and are more effective in sharing bandwidth based on Mikrotik. PCQ is a method aimed at optimizing QoS for large-scale internet networks where all queues are the same for all sub-streams, while Queue Tree is a method designed to carry out more complex queuing tasks for network traffic. The purpose of this research is to optimize the limited internet bandwidth so that it can be accessed by all users in the Local Area Network and automate the queue of devices connected to the network according to user needs so as to produce a more stable computer network performance using the network development method, namely NDLC. The results of the tests were carried out 10 times using a bandwidth of 10 Mbps which resulted in an average jitter of 1.64 ms, ping 36.8 ms, 2 Mbps throughput, and 0.1% packet loss so that the QoS of internet access was categorized as satisfactory. It is hoped that from this research the company will be able to save on internet access expenses by maximizing a small bandwidth without having to increase the existing bandwidth.

Keywords: bandwidth management, PCQ, queue tree, mikrotik

Abstrak

Permasalahan bandwidth adalah permasalahan sering ditemui dalam membagi trafik informasi atau akses internet jaringan komputer. Faktor penyebab akses internet yang lambat adalah banyaknya jumlah perangkat yang terkoneksi ke internet yang tidak diimbangi dengan ketersediaan bandwidth yang cukup serta minimnya bandwidth yang tersedia. Hal ini dapat diatasi dengan metode manajemen bandwidth. Manajemen bandwidth pada Mikotik menggunakan beberapa metode pembagian bandwidth seperti PCQ (Per Connection Queue), Queue Tree, dan HTB (Hierchichal Token Bucket). Penelitian ini menggunakan 2 (dua) metode manajemen bandwidth yaitu PCQ dan Queue Tree karena metode tersebut dapat membagi bandwidth secara otomatis sesuai dengan jumlah user yang aktif dan lebih efektif dalam pembagian bandwidth jaringan berbasis Mikrotik. Adapun PCQ adalah metode yang ditujukan untuk mengoptimalkan QoS jaringan interenet skala yang besar dimana semua antrian (queue) adalah sama pada semua sub-stream, sedangkan Queue Tree adalah metode yang dirancang untuk melaksanakan tugas antrian yang lebih kompleks terhadap trafik jaringan. Tujuan dari penelitian ini adalah optimalisasi bandwidth internet yang terbatas agar dapat diakses oleh seluruh user di Local Area Network dan otomatisasi queue perangkat yang terhubung ke jaringan sesuai kebutuhan pengguna sehingga menghasilkan performa jaringan komputer yang lebih stabil menggunakan metode pengembangan jaringan yaitu NDLC. Hasil dari pengujian yang dilakukan sebanyak 10 kali menggunakan bandwidth sebesar 10 Mbps menghasilkan jitter rata-rata 1.64 ms, ping 36.8 ms, throughput 2 Mbps, dan packet loss 0.1% sehingga QoS akses internet dapat dikategorikan memuaskan. Diharapkan dari penelitian ini perusahaan mampu menghemat pengeluaran akses internet dengan cara memaksimalkan bandwidth yang kecil tanpa harus menaikkan bandwidth yang sudah ada.

Kata kunci: manajemen bandwidth, PCQ, queue tree, mikrotik

1. Pendahuluan

Penggunaan jaringan internet sekarang ini menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting. Hampir semua bidang kehidupan menggunakan jaringan internet sebagai penunjang penunjang pekerjaan dan media pertukaran informasi[1]. Akan tetapi mahalnya harga bandwidth internet menyebabkan pembatasan jumlah bandwidth yang diberikan oleh ISP (Internet Service Provider). Dengan tingginya tingkat kebutuhan akan pengguna akan internet yang tidak diimbangi dengan kapasitas bandwidth dapat menyebabkan informasi menjadi sulit dan lama diakses oleh user dalam mengakses jaringan internet [2] [3] [4].

Permasalahan bandwidth adalah permasalahan yang paling sering ditemui dalam teknologi jaringan komputer [5]. Minimnya kapasitas bandwidth yang tersedia sangat berpengaruh dengan kecepatan akses ke internet. Oleh karena itulah harus ada suatu manajemen bandwidth yang tepat dalam mengoptimalisasi keterbatasan bandwidth tersebut [6].

Bandwidth internet yang digunakan sebagai pemasaran produk dan fasilitas karyawan sebesar 10Mbps yang hanya mampu menampung sebanyak 5 user termasuk 1 komputer yang terhubung melalui kabel LAN (Local Area Network), selebihnya akan mengalami RTO (Request Time Out). Karena belum adanya pengaturan bandwidth menyebabkan user kesulitan dalam mengakses jaringan internet. Dan hampir kebanyakan dari pelanggan produk pomade berasal dari online shop. Tanpa adanya manajemen bandwidth, banyak device yang dapat menggunakan internet secara tidak beraturan sehingga menyebabkan komputer admin sering tidak dapat mengakses jaringan internet untuk melakukan pemasaran produk [7]. Untuk menambah bandwidth Casuals Pomade Company Semarang yang belum mampu dilakukan karena terbatasnya dana. Hal ini diperparah dengan banyaknya karyawan bagian produksi menggunakan internet untuk melakukan streaming dan download secara masif.

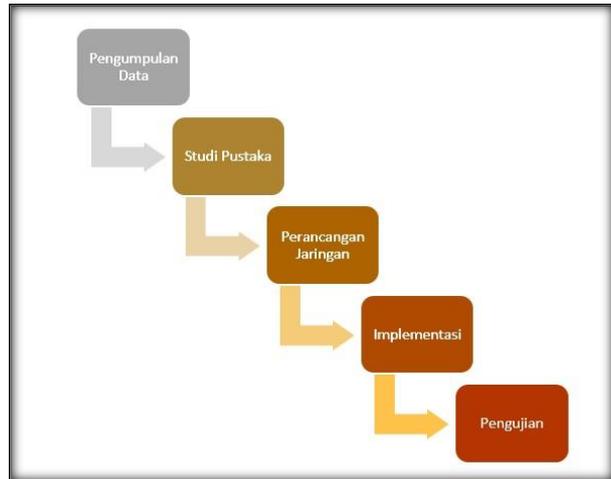
Metode pembagian bandwidth pada mikrotik yang biasa digunakan adalah PCQ (Per Connection Queue) dan sebaliknya PCQ menghasilkan download lebih baik [8]. Dalam PCQ, bandwidth per user yang aktif dibagi merata secara otomatis. Metode PCQ (Per Connection Queue) yang dikombinasi dengan metode Queue tree berfungsi untuk membagi bandwidth secara merata dan adil sedangkan Queue Tree digunakan untuk memisahkan protokol seperti game, browsing, streaming sehingga bandwidth diprioritaskan sesuai kebutuhan device yang digunakan [9] [10].

Latar belakang inilah yang akan diteliti pada Jaringan Mikrotik di Casuals Pomade Company Semarang menggunakan Metode PCQ dan Queue Tree sehingga memudahkan perusahaan dalam melakukan manajemen bandwidth sehingga dengan keterbatasan bandwidth yang

ada semua pengguna dapat memanfaatkan koneksi internet secara maksimal.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan antara lain adalah pengumpulan data, studi pustaka, perancangan jaringan, implementasi, dan pengujian. Model kerangka kerja yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Kerja Penelitian

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah pengumpulan data yang diambil di di Casuals Pomade Company Semarang dari hasil wawancara dan pengambilan data didapatkan data penggunaan fasilitas internet, data topologi jaringan internet, data device jaringan, data pemakaian internet, dan data jumlah client.

Sedangkan tahap berikutnya dalam penelitian ini adalah studi pustaka yang dilakukan dengan pencarian jurnal-jurnal tentang implementasi jaringan menggunakan metode HTB dan PCQ sebagai dasar dalam penelitian ini. Berikut dalam Tabel 1 adalah penelitian-penelitian terdahulu sebagai acuan untuk pengembangan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Judul	Metode yang Digunakan	Hasil Penelitian
Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Router dengan Standar Deviasi [11]	HTB	Pembatasan pemakaian bandwidth dengan memberikan limitasi untuk batas minimum dan maksimum bandwidth secara dinamis dan merata Windows NT
Implementasi Manajemen Bandwidth Dengan Disiplin Antrian Hierarchical Token Bucket (HTB) pada	HTB	Terbentuknya suatu manajemen bandwidth yang murah dan efisien dengan menggunakan disiplin antrian

Sistem Operasi Linux [12]		Hierarchical Token Bucket pada Sistem Operasi Linux yang mampu mengatur penggunaan bandwidth sesuai dengan diinginkan
Implementasi Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Queue Tree (Studi Kasus pada Universitas Pancasila) [13]	PCQ	Penggunaan layanan internet di sebuah perguruan tinggi bisa berjalan dengan lancar untuk akses server Forlap Kemenristekdikti.
Manajemen User Dan Bandwidth Pada Hotspot Di Kantor BUMD Provinsi Bangka Belitung Menggunakan Router Mikrotik [14]	Queue Tree	Implementasi fasilitas yang berfungsi untuk sharing koneksi internet menggunakan Queue Tree pada Kantor BUMD Provinsi Bangka Belitung

atau jaringan yang sudah ada saat ini, dan analisis studi pustaka.

Dari data-data yang didapatkan sebelumnya, Tahap Design ini akan membuat gambar design topologi jaringan interkoneksi yang akan dibangun, diharapkan dengan gambar ini akan memberikan gambaran seutuhnya dari kebutuhan yang ada.

Tahapan Prototype didefinisikan sebagai alat yang memberikan ide bagi pembuat maupun pemakai potensial tentang cara system berfungsi dalam bentuk lengkapnya, dan proses untuk menghasilkan sebuah prototype disebut prototyping. Prototyping adalah proses pembuatan model sederhana software yang memungkinkan pengguna memiliki gambaran dasar tentang program serta melakukan pengujian awal. Prototyping memberikan fasilitas bagi pengembang dan pemakai untuk saling berinteraksi selama proses pembuatan, sehingga pengembang dapat dengan mudah memodelkan perangkat lunak yang akan dibuat. Prototyping merupakan salah satu metode pengembangan perangkat lunak yang banyak digunakan.

Tahap Impelentasi adalah suatu tindakan atau pelaksanaan dari sebuah rencana yang sudah disusun secara matang dan terperinci. Dalam tahap ini mulai digunakan konfigurasi-konfigurasi dalam jaringan Mikrotik menggunakan metode PCQ dan Queue Tree.

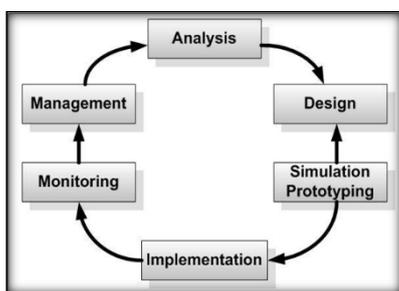
Tahap Monitoring adalah aktifitas yang ditujukan untuk memberikan informasi tentang sebab dan akibat dari suatu kebijakan yang sedang dilaksanakan. Dalam penelitian ini monitoring jaringan dilakukan sekaligus dengan pengujian jaringan yang menggunakan aplikasi bawaan dari Router Mikrotik berupa untuk menganalisis tingkat keberhasilan penelitian. Selain itu pengujian jaringan dilakukan pula pada Tahap Monitoring ini dengan menggunakan indikator-indikator pengujian Mikrotik yang antara lain adalah Jitter, Ping, Troughput, dan Packet Loss.

Tahap Manajemen atau pengaturan, salah satu yang menjadi perhatian khusus adalah masalah kebijakan perlu dibuat untuk membuat atau mengatur agar sistem yang telah dibangun dan berjalan dengan baik dapat berlangsung lama dan unsur Reliability terjaga. Dalam tahapan ini nantinya akan dilakukan maintenance berkala terhadap jaringan komputer yang sudah berjalan.

Dari penelitian terdahulu yang sudah dilakukan dalam Tabel 1 diatas, maka berdasar penelitian-penelitian tersebut menggunakan satu metode pembagian bandwidth yaitu antara Queue Tree, HTB, dan PCQ.

Dalam penelitian ini akan dilakukan penggabungan 2 (dua) metode yaitu PCQ dan Queue Tree untuk optimalisasi manajemen bandwidth di Casuals Pomade Company Semarang. Tujuan penggabungan ini tentu saja jika kedepan terjadi perkembangan ke arah jaringan menengah besar dalam perusahaan dan terjadi penambahan kapasitas bandwidth, maka 2 (dua) metode ini akan tetap dapat digunakan untuk optimalisasi akses internet.

Pada tahap ketiga, keempat, dan kelima dalam kerangka penelitian ini dilakukan implementasi pengembangan jaringan meliputi perancangan, implementasi jaringin, dan pengujian. Secara khusus 3 (tiga) tahap ini menggunakan metode pengembangan jaringan NDLC (Network Development Life Cycle). Gambaran metode ini terdapat di dalam Gambar 2.



Gambar 2. Metode NDLC [15]

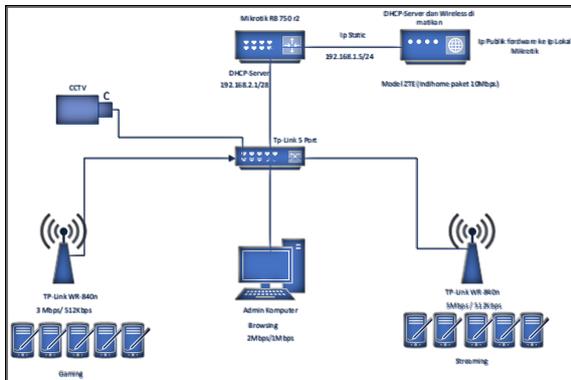
Penjelasan dari masing-masing tahap dalam metode NDLC pada Gambar 2 adalah pada Tahap Awal ini dilakukan analisis kebutuhan, analisis permasalahan yang muncul, analisis keinginan user, analisis topologi

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis dan Perancangan

Analisis kebutuhan dalam implementasi dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 (dua) bagian yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Untuk kebutuhan perangkat keras antara lain membutuhkan Router Mikrotik RB750 (OS terbaru), 2 (dua) access point TP Link, dan kabel LAN. Sedangkan kebutuhan perangkat lunak antara lain adalah WinBox dan Microsoft Visio.

Perancangan dilakukan untuk membangun skema baru jaringan komputer yang efisien untuk optimalisasi pembagian bandwidth menggunakan metode PCQ dan Queue Tree. Gambaran topologi jaringan yang akan dibangun dalam penelitian ini terdapat pada Gambar 3.

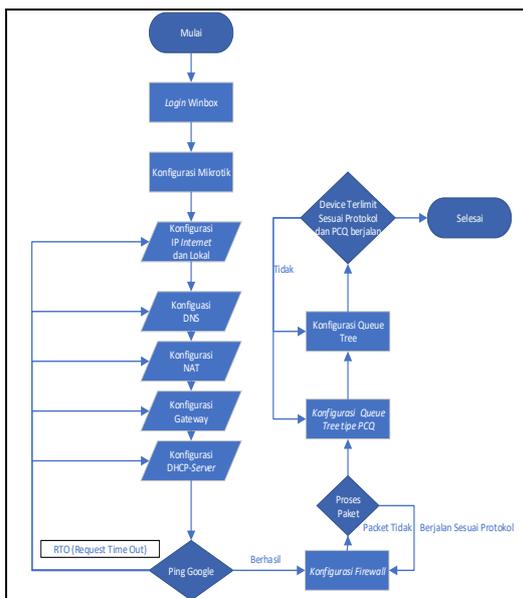


Gambar 3. Topologi Jaringan

Gambar 3 diatas adalah perancangan jaringan yang akan diimplementasikan dari modem indihome wireless dimatikan kemudian dari port 1 akan langsung dihubungkan ke mikrotik port 1, kemudian port 2 di dihubungkan ke switch dari 5 port switch port 1 ke mikrotik, port 2 ke access point lt1, port 2 ke access point, port 3 ke pc admin. Dan untuk IP yang di gunakan IPv4 dengan subnetmask 255.255.255.240/28 (14 host) karena sesuai kebutuhan perangkat yaitu hampir 14 device yang akan di hubungkan ke jaringan.

3.2. Konfigurasi

Konfigurasi jaringan yang dijalankan di dalam penelitian ini digambarkan dengan sebuah flowchart yang terdapat di dalam Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Konfigurasi Jaringan

Dimulai dari user menghubungkan jaringan jaringan menggunakan password WPA2 kemudian setelah password kemudian device akan mendapatkan alamat IP, setelah itu device akan ada aktivitas packet, kemudian firewall akan memfilter mark connection setelah didapat, mark packet akan masuk ke bagian parent queue tree, kemudian setiap queue tree diterapkan PCQ masing-masing setiap queue child.

3.3. Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Implementasi Perangkat Keras

Pada Gambar 5 yaitu terdapat 5 port yang digunakan semua yang pertama port 1 internet dihubungkan ke modem, port 2 dihubungkan ke access point 1, port 3 dihubungkan ke access point 2, port 4 dihubungkan ke bagian komputer admin, port 5 dihubungkan ke bagian DVR CCTV.

3.4. Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak ditunjukkan pada Gambar 6.

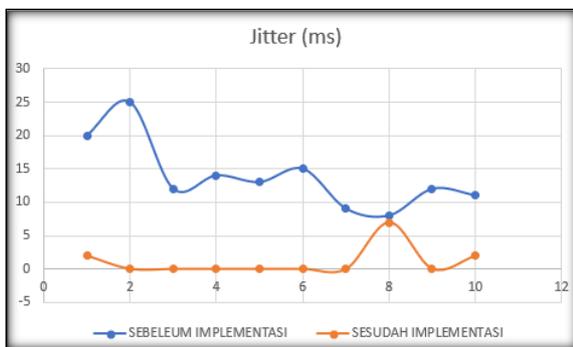


Gambar 6. Implementasi Perangkat Lunak

Pada Gambar 6 hasil konfigurasi terstruktur sesuai dengan parent yang telah dibuat dan pada pada packet marks sesuai dengan konfigurasi pada mark packet pada firewall.

3.5. Pengujian

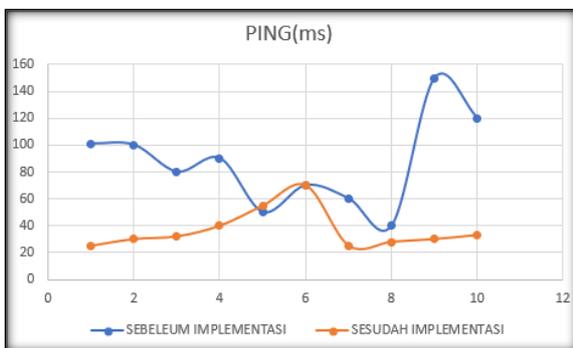
Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa hasil penelitian ini meningkatkan QoS jaringan yang lebih baik dari sebelumnya. Indikator yang akan dipantau dan diuji menggunakan standar pengujian Mikrotik yang antara lain adalah Jitter, Ping, Troughput, dan Packet Loss dimana Jitter adalah gangguan pada komunikasi digital maupun analog yang disebabkan oleh perubahan sinyal karena referensi posisi waktu. Ping adalah fitur yang mampu mengetahui kondisi jaringan internet, Troughput adalah kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data, dan Packet Loss adalah parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang [16]. Berikut dalam Gambar 7 adalah hasil pengujian Jitter terhadap implementasi jaringan yang sudah dijalankan.



Gambar 7. Hasil Pengujian Jitter

Hasil dari pengujian Jitter sebelum dan sesudah penerapan Mikrotik dengan metode PCQ dan queue tree bahwa sebelum di terapkan jitter hasilnya rata-rata di angka 13,9 ms dalam 10 pengujian di waktu berbeda, sedangkan setelah diterapkan metode PCQ dan queue tree menghasilkan rata-rata jitter sebesar 1,64 ms.

Sedangkan hasil pengujian lain adalah pengujian Ping yang terdapat di dalam Gambar 8.

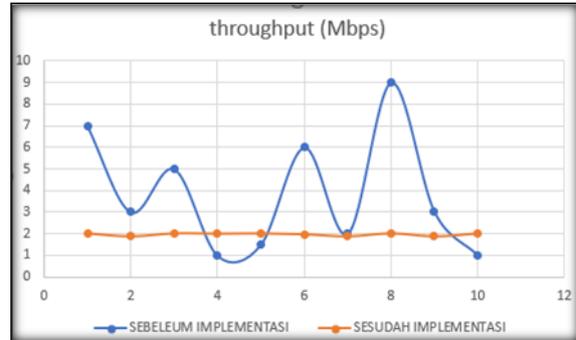


Gambar 8. Hasil Pengujian Ping

Hasil dari pengujian Ping sebelum dan sesudah penerapan mikrotik dengan metode PCQ dan queue tree bahwa sebelum di terapkan ping hasilnya rata-rata di angka 86,1 ms dalam 10 pengujian di waktu berbeda,

sedangkan setelah diterapkan metode PCQ dan queue tree menghasilkan rata-rata jitter sebesar 36.8 ms.

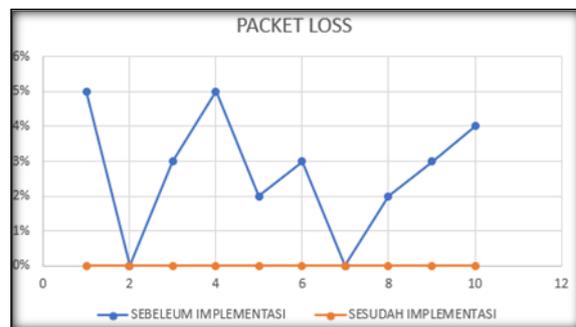
Pengujian Troughput dilakukan untuk mengetahui seberapa besar bandwidth yang dihasilkan oleh jaringan komputer yang baru. Hasil dari pengujian ini terdapat di dalam Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengujian Troughput (Bandwidth)

Pengujian throughput atau bandwidth sebelum diterapkan metode PCQ dan queue tree, throughput atau bandwidth terjadi sering terjadi peningkatan dan penurunan secara signifikan pada bandwidth dan bandwidth tidak stabil, kemudian setelah diterapkan metode PCQ dan queue tree bandwidth menjadi stabil di angka 2 Mbps, angka ini didapat dari konfigurasi manajemen bandwidth.

Pengujian terakhir dalam penelitian ini adalah pengujian Packet Loss untuk memantau kemungkinan paket yang hilang saat jaringan bekerja. Pengujian ini terdapat di dalam Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Pengujian Packet Loss

Hasil dari pengujian sebelum dan sesudah penerapan Mikrotik dengan metode PCQ dan queue tree bahwa sebelum di terapkan ping hasilnya rata-rata di angka 2.7 % dalam 10 pengujian di waktu berbeda, sedangkan setelah diterapkan metode PCQ dan queue tree menghasilkan rata-rata jitter sebesar 0.1 % sehingga QoS akses internet dapat dikategorikan memuaskan.

4. Kesimpulan

Penelitian manajemen bandwidth ini menghasilkan kualitas internet yang sangat stabil dari hasil pengujian

menggunakan standar pengujian Mikrotik yang meliputi Jitter, Ping, Troughput, dan Packet Loss menghasilkan Jitter rata-rata 1.64 ms, Ping menghasilkan dibawah 36.8 ms dari yang sebelumnya untuk Jitter rata-rata 13.9 ms dan ping 86.1 ms. Hasil pengujian Troughput atau Bandwidth yang di dapat rata-rata stabil 2 Mbps disaat aktivitas yang sangat padat dan Packet Loss hampir rata-rata 0.1 % dari yang sebelumnya Bandwidth yang dihasilkan sering terjadi peningkatan dan penurunan secara signifikan atau tidak beraturan dari 7 Mbps turun ke 0.7 Mbps dan Packet Loss rata-rata 2.7% sehingga QoS akses internet dapat dikategorikan memuaskan. Metode PCQ dan Queue Tree mampu memaksimalkan bandwidth yang kecil (10 Mbps), tanpa harus menaikkan Bandwidth yang sudah ada dan menghemat pengeluaran perusahaan. Dari 5 pertanyaan yang diberikan kepada pengguna internet Casuals Pomade Company Semarang didapat bahwa kepuasan internet yang dirasakan oleh pengguna yaitu 2 % sangat tidak puas, 6 % tidak puas, 18 % cukup puas, 34 % sangat puas dan 40 % cukup puas.

Untuk saran perlunya dilakukan pemantauan software update secara berkala untuk perbaikan bug. Untuk Queue Tree perlunya penerapan prioritas Bandwidth ke masing-masing child agar Bandwidth lebih optimal. jika perlu diterapkannya FTP (File Transfer Protocol) maka perangkat Mikrotik lebih baik di ganti ke versi R3 karena sudah support ke interface Gigabyte.

Ucapan Terimakasih

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Program Studi S1 Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi Universitas Semarang atas dukungan dana penelitian Casuals Pomade Company Semarang atas dukungan dalam penggalan data sebagai bahan dalam penelitian ini

Daftar Rujukan

- [1] T. O. D. Putra, W. Widiarto, and Wiharto, "Implementasi Algoritma Load Balancing PLBA Komputasi Grid pada Lab Environment Menggunakan PVM3," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 4, no. 6, pp. 1190–1197, 2020, doi: 10.29207/resti.v4i6.2606.
- [2] Sukri and Jumiaty, "Analisis Bandwidth Menggunakan Metode Antrian Per Connection Queue," *RABIT J. Teknol. dan Sist. Inf.*
- [3] B. Prasetyo, A. Puspitasari, and R. Nasution, "Implementasi Manajemen Bandwidth Dan Filtering Web Access Control Menggunakan Metode Address List," *JIKA (Jurnal Inform.)*, vol. 3, no. 2, pp. 73–82, 2019, doi: 10.31000/jika.v3i2.2192.
- [4] F. R. Doni, "Implementasi Manajemen Bandwidth pada Jaringan Komputer dengan Router Mikrotik," *Evolusi J. Sains dan Manaj.*, vol. 7, no. 2, pp. 52–57, 2019.
- [5] A. I. Wijaya and L. B. Handoko, "Manajemen Bandwidth Dengan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang," *J. Tek. Inform. Udinus*, vol. 1, no. 1, pp. 1–3, 2015.
- [6] G. F. E. Ardiansa, R. P. Primananda, and M. H. Hanafi, "Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 11, pp. 1226–1235, 2017, doi: 10.32736/sisfokom.v4i1.203.
- [7] Firmansyah, A. Fadlil, and R. Umar, "Identifikasi Bukti Forensik Jaringan Virtual Router Menggunakan Metode NIST," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 91–98, 2021.
- [8] Lisnawita, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *J. Teknol. Komun. Digit. Zo.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–25, 2016.
- [9] A. Syukur, "Analisis Management Bandwidth Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dengan Authentikasi RADIUS," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 2, pp. 78–89, 2018, doi: 10.25299/itjrd.2018.vol2(2).1260.
- [10] Hardiman, L. F. Aksara, and Subardin, "Analisis Perbandingan QOS (Quality of Service) pada Manajemen Bandwidth dengan Metode PCQ (Per Connection Queue) dan HTB (Hierarchical Token Bucket)," *semanTIK*, vol. 4, no. 1, pp. 121–128, 2018.
- [11] P. Ferdiansyah, R. Indrayani, and S. Subektiningsih, "Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Router dengan Standar Deviasi," *J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 38–45, 2020, doi: 10.25077/teknosi.v6i1.2020.38-45.
- [12] M. Nugraha, "Implementasi Manajemen Bandwidth Dengan Disiplin Antrian Hierarchical Token Bucket (HTB) pada Sistem Operasi Linux," *Telematika*, vol. 13, no. 2, pp. 99–106, 2017, doi: 10.31315/telematika.v13i2.1726.
- [13] Martini, E. Mufida, and D. A. Krisnadi, "Implementasi Manajemen Bandwidth menggunakan Metode Queue Tree (Studi Kasus pada Universitas Pancasila)," *J. Teknol. Inform. dan Komput.*, vol. 5 No. 1, no. 1, pp. 19–23, 2019.
- [14] R. Oktaviani and D. Novianto, "Manajemen User Dan Bandwidth Pada Hotspot Di Kantor BUMD Provinsi Bangka Belitung Menggunakan Router Mikrotik," *J. SISFOKOM*, vol. 04, no. 01, pp. 47–55, 2015.
- [15] J. E. Goldman and P. T. Rawles, *Applied Data Communication: Business Oriented Approach. Fourth Edition*. New York: John Wiley & Sons Inc, 2014.
- [16] S. Surono, F. W. Christanto, and C. Maulana, "Uji Komparasi Quality of Service Antara Metode Routing dan VLAN pada Distribusi Paket Data Jaringan Internet," *JPRT (Pengembangan Rekayasa dan Teknol.)*, vol. 16, no. 2, pp. 183–190, 2020.