

Penerapan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB)

Tukino^a, Algifari Maulana^b

^{a,b}Universitas Putera Batam

*tukino@puterabatam.ac.id^a, algifm@gmail.com^b

Abstract

Technology and communication are increasing rapidly and in accordance with the development of modern society which is very much looking for easy services and looking for in all fields, so that the need for information and communication is increasing greatly. Year after year, many providers enter residential areas to provide internet services by purchasing cheap packages with available bandwidth, it is possible for settlements to have no service from bandwidth vendor providers because they have not fulfilled such as the existence of a tower for network delivery. Because of that the need for a method in bandwidth management. In modern times like this, the need for the internet is increasing sharply, both for working with data processing and entertainment. In this network analysis there is a problem, after grouping data from customers where there are complaints about the bandwidth obtained does not match the selected package, so it causes user discomfort. To overcome this problem we found a solution by applying the Hierarchical Token Bucket method. From the application of the Hierarchical Token Bucket method, it can be concluded that the bandwidth obtained between users becomes more stable and even, this can be proven through Speedtest and traffic monitoring.

Keywords : *Hierarchical; Token; Bucket.*

Abstrak

Teknologi dan komunikasi semakin meningkat pesat dan sesuai dengan perkembangan masyarakat modern yang sangat banyak mencari layanan yang mudah dan mencari di segala bidang, sehingga kebutuhan informasi dan komunikasi sangat meningkat. Tahun demi tahun banyak provider yang masuk ke daerah perumahan untuk memberika layanan *internet* dengan pembelian paket yang murah dengan *bandwidth* yang di dapat, tidak menutup kemungkinan pemukiman yang belum ada pelayanan dari provider penjual *bandwidth* dikarenakan belum memenuhi seperti adanya tower untuk penghantar jaringan. Di karenakan itu perlunya metode dalam manajemen *bandwidth*. Pada masa modern seperti ini kebutuhan akan *internet* semakin meningkat tajam, baik itu untuk bekerja mengolah data dan hiburan. Dalam analisa jaringan ini terdapat suatu masalah, setelah pengelompokan data dari pelanggan dimana terdapat keluhan tentang *bandwidth* yang didapat tidak sesuai dengan paket yang dipilih, sehingga hal tersebut menimbulkan ketidaknyamanan pengguna. Untuk mengatasi masalah tersebut kami mendapatkan solusi dengan menerapkan metode *Hierarchical Token Bucket*. Dari penerapan metode *Hierarchical Token Bucket* dapat diambil kesimpulan bahwa *bandwidth* yang didapat antar user menjadi lebih stabil dan merata, hal tersebut dapat dibuktikan dengan melalui Speedtest dan pemantauan traffic.

Kata Kunci: *Hierarchical; Token; Backet.*

1. Pendahuluan

Teknologi dan komunikasi semakin meningkat pesat dan sesuai dengan perkembangan masyarakat modern yang sangat banyak mencari layanan yang mudah dan mencari di segala bidang, sehingga kebutuhan informasi dan komunikasi sangat meningkat. Tahun demi tahun banyak provider yang masuk ke daerah perumahan untuk memberika layanan *internet* dengan pembelian paket yang murah dengan *bandwidth* yang di dapat, tidak menutup kemungkinan pemukiman

yang belum ada pelayanan dari provider penjual *bandwidth* dikarenakan belum memenuhi seperti adanya tower untuk penghantar jaringan. Di karenakan itu perlunya metode dalam manajemen *bandwidth*.

Kepercayaan dari pelanggan adalah hal utama, sehingga dalam hal ini pembagian manajemen *bandwidth* merupakan hal mutlak yang harus dioptimalkan. Hal tersebut tidak lain bertujuan agar pengguna dapat mendapatkan kenyamanan dalam menikmati akses *internet* yang lancar dan stabil.

Selain pengoptimalan jaringan, maintenance dan monitoring juga merupakan hal yang tidak kalah penting, dalam manajemen *bandwidth* pemantauan juga dapat dilakukan melalui *traffic bandwidth* yang keluar atau telah digunakan *user*. Semakin banyaknya user maka semakin besar pula *Router* bekerja untuk melayani client. Beberapa kendala yang terjadi adalah banyak user yang komplain masalah kecepatan akses *internet* mereka, setiap malam bandwidth tidak tertata sesuai yang diinginkan atau sesuai paketan yang dipilih oleh client. Metode *Hierarchical Token Bucket* dipilih sebagai manajemen *bandwidth*, *router* dapat melayani semua user secara merata dan *router* menjadi optimal.

2. Kajian Literatur

A. Manajemen *Bandwidth*

Manajemen *Bandwidth* merupakan proses mengukur dan mengontrol komunikasi (lalu lintas jaringan dan paket data) pada trafik jaringan, untuk menghindari kepadatan trafik. Maksud dari manajemen *bandwidth* ini adalah bagaimana kita menerapkan pengalokasian atau pengaturan *bandwidth* dengan menggunakan sebuah *Router Mikrotik*. Manajemen *bandwidth* memberikan kemampuan untuk mengatur *bandwidth* jaringan dan memberikan level layanan yang sesuai dengan kebutuhan dan prioritas sesuai dengan permintaan pelanggan [1]. Dan juga tujuan dari manajemen *bandwidth* adalah untuk mengoptimalkan kinerja jaringan sehingga performansi jaringan dapat lebih terjamin [2]. Tanpa adanya manajemen *bandwidth*, banyak komputer yang dapat menggunakan *internet* secara tidak beraturan sehingga menyebabkan komputer yang lain tidak mendapat jatah *bandwidth* yang adil [3]. Terdapat banyak metode yang dapat diterapkan untuk memajemen *bandwidth* pada jaringan, contohnya metode *Hierarchical Token Bucket*.

B. *Hierarchical Token Bucket*

Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan salah satu metode atau teknik antrian pada *Mikrotik* yang dapat melakukan manajemen *bandwidth* dengan pola hirarki dan burst dari token bucket. Teknik antrian *Hierarchical Token Bucket* (HTB) memberikan fasilitas pembatasan traffic pada setiap level maupun klasifikasi. *Bandwidth* yang tidak terpakai bisa digunakan oleh klasifikasi yang lebih rendah [4]. Fungsi *Hierarchical Token Bucket* (HTB) adalah menghasilkan struktur queue dengan bentuk hirarki dan mengatur hubungan antar *class-class* hirarki. *Hierarchical Token Bucket* (HTB) mempunyai 3 jenis *class* antara lain *root*, *inner*, dan *leaf*. *Root class* merupakan *class* yang berada diatas hirarki

dan semua trafik keluar melalui *class* ini. Inner class merupakan *class* yang memiliki *class parent* dan *class child*. *Class* ini mempunyai fungsi untuk menyampaikan informasi bagaimana *bandwidth* yang lebih untuk *class child* yang menyertainya. Terakhir adalah *class leaf* adalah *class* sambungan yang berada dalam hirarki paling dasar. *Class* ini bertugas untuk mengontrol antrian dalam satu lalu lintas yang dilewatinya [5].

Penerapan metode HTB memiliki dual limitation atau alokasi *bandwidth* pada setiap antriannya yang berfungsi sebagai pembatas *bandwidth* yang diatur sama rata bagi setiap divisi atau parent. Kedua ratelimits tersebut yaitu: 1) *Committed Information Rate* (CIR) - (*limit-at* pada *RouterOS*) sebagai skenario terburuk, yaitu proses menentukan batas bawah atau minimal kecepatan trafik (*limit-at*) yang dapat diperoleh antrian. *Limit-at* membatasi minimal trafik dari suatu antrian, tidak peduli dalam kondisi apapun antrian tidak akan mendapati trafik di bawah batas ini [6]. 2) *Maximal Information Rate* (MIR) - (*max-limit* pada *RouterOS*) sebagai skenario terbaik, yaitu sebagai batas maksimum kecepatan (*max-limit*) yang bisa didapatkan oleh antrian ketika jaringan *internet* sedang tidak sibuk. Rata-rata aliran trafik yang didapatkan oleh setiap user bisa mencapai pada rate maksimum, ketika ada antrian parent mempunyai *bandwidth* cadangan.

Pertama *limit-at* (CIR) dari semua antrian akan terpenuhi terlebih dahulu, kemudian *child* baru bisa mencoba meminjam data rate yang diperlukan dari parent mereka dalam rangka untuk mencapai *max-limit* (MIR) mereka. CIR akan diutamakan terlebih dahulu dan tidak memperdulikan apapun yang terjadi bahkan jika *max-limit* parent terlampaui.

Teknik antrian *Hierarchical Token Bucket* (HTB) memberikan fasilitas klasifikasi priority. Klasifikasi merupakan cara memberikan suatu *class* atau perbedaan pada setiap paket, hal ini dilakukan untuk mempermudah penanganan paket oleh antrian [7]. Klasifikasi dilakukan dengan nilai dari parameter priority. Penelitian yang dilakukan [8], mengatakan bahwa priority bertujuan untuk mengatasi permasalahan dominasi *bandwidth* antar pengguna dan bermacam-macam jenis trafik data ketika berjalan bersamaan. Proses priority dilihat dari suatu nilai atau besaran yang menunjukkan seberapa sering proses harus dijalankan oleh prosesor.

C. *Quality of Service*

Menurut Houston dalam [9] *Quality of Service* (QoS) merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik

dan sifat suatu layanan. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah di spesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu layanan. Berikut ini merupakan beberapa parameter QoS yang sering digunakan dalam mengukur performansi jaringan.

D. Hotspot Mikrotik

Hotspot Mikrotik adalah sebuah sistem untuk memberikan fitur autentikasi pada user yang akan menggunakan jaringan yang terdapat pada *Mikrotik routerOS*. Konsep ini pertama kali dikemukakan pada tahun 1993 oleh Bret Stewart pada Konferensi Network dan Interop di San Fransisco. Jadi untuk bisa akses ke jaringan, client diharuskan memasukkan username dan password pada halaman *login* yang disediakan [10].

Halaman *login Hotspot* digunakan untuk mengamankan jaringan *Hotspot*, jadi setiap perangkat yang telah terhubung ke *Hotspot* harus memasukkan username dan password dengan benar agar mendapatkan bandwidth secara otomatis sesuai dengan user profiles masing-masing user bisa untuk internetan melalui *Hotspot* tersebut. Pada fitur *Hotspot* yang telah disediakan pada *Mikrotik* terdapat diantaranya adalah manajemen user/pengguna, manajemen bandwidth setiap user, manajemen waktu lama pengguna akses *Hotspot*, bypass user *login Hotspot*, monitoring penggunaan bandwidth setiap user, dan masih banyak lagi [11].

3. Metode Penelitian

Sebelum penggunaan metode *Hierarchical Token Bucket*, jaringan yang diamati mengalami traffic yang tidak stabil sehingga client mendapatkan *bandwidth* yang tidak sesuai. Tes kecepatan menggunakan tool speedtest sebagai acuan utama untuk mengumpulkan data riset. Pada jaringan ini terdapat 8 client aktif dan diambil 2 client sebagai sampel secara acak. Ditemukan bahwa belum ada atau belum diterapkannya metode untuk manajemen *bandwidth* sehingga diusulkan untuk menerapkan metode *Hierarchical Token Bucket* guna mempermudah dalam manajemen dan meningkatkan kualitas dari layanan.

Diterapkannya metode *Hierarchical Token Bucket* untuk mengatur *bandwidth* yang terdistribusikan ke client. Dalam penerapan suatu metode tentunya harus terlebih dahulu mengetahui bagaimana arsitektur dari jaringan itu sendiri, seperti jumlah user atau jenis layanan yang diberikan. Ketika semua data yang diperlukan sudah terkumpul maka penerapan metode siap untuk dilakukan pada jaringan.

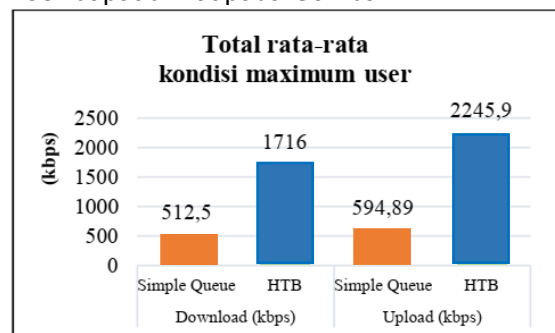
Setelah semua diterapkan maka dapat dianalisa hasil yang didapat dengan melalui tes yang dilakukan oleh client dengan menguji kestabilan dan kecepatan yang didapatkan dari tool sp

4. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini Implementasi manajemen *bandwidth* HTB pada layanan *Hotspot Mikrotik* Flash Anet berjalan dengan baik sehingga menghasilkan data-data yang dibutuhkan dapat digunakan untuk pengujian.

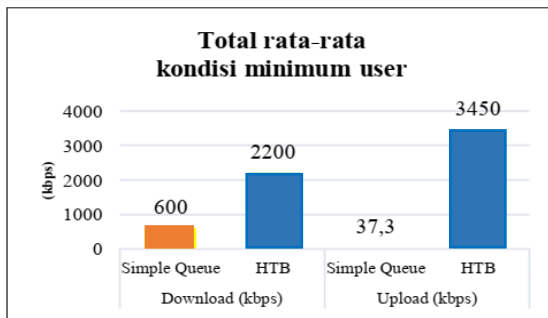
A. Pengujian Bandwidth

Adapun pengujian *bandwidth* dilakukan dengan menggunakan 2 buah metode manajemen *bandwidth* yaitu *Simple Queue* dan *Hierarchical Token Bucket*. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur *bandwidth* antara upload dan *download* menggunakan aplikasi web dari *Internet Speed Test* "fast.com". Pengukuran dilakukan secara bergantian ke setiap *user* yang terhubung ke jaringan *Hotspot Mikrotik* Flash Anet, dengan 2 kondisi berbeda yaitu kondisi *maximum user* dan *minimum user*. pengujian dilakukan dengan rentangan waktu yang diperlukan untuk pengukuran *bandwidth* selama masing-masing 1 menit. Pengujian dari kondisi pertama adalah kondisi *maximum user*. Dengan perolehan rata-rata *bandwidth* yang menyatakan bahwa metode HTB mendapatkan nilai lebih besar dibandingkan dengan metode *simple queue*. Hasil dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Total hasil rata-rata pengujian *bandwidth* kondisi *maximum user*

Sedangkan pengujian dari kondisi *minimum user*. didapat perolehan rata-rata *bandwidth* yang menyatakan bahwa metode HTB kembali mendapatkan nilai lebih besar dibandingkan dengan metode *simple queue*. Hasil dapat dilihat pada Gambar 3.

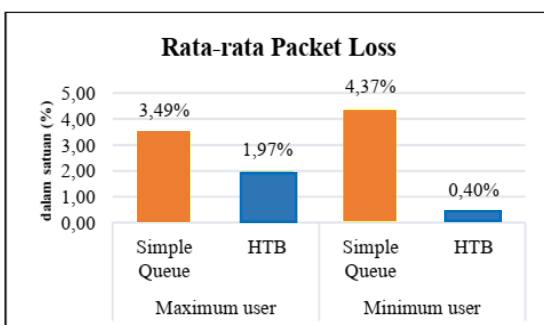


Gambar 3 Total hasil pengujian *bandwidth* kondisi *minimum user*

B. Pengujian parameter *Quality of Service*

Selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan parameter *Quality of Service*. Parameter yang dipakai diantaranya packet loss, *throughput*, delay dan *jitter*. Skema dari pengujian data yang diambil dilakukan dengan melakukan *download* data file dengan besar file yang sama pada setiap *user* yang akan diujikan dan bersamaan dengan proses capturing menggunakan aplikasi wireshark.

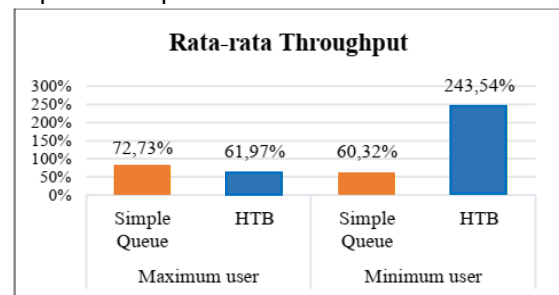
Untuk parameter pertama yaitu Packet Loss didapat dari pengujian pada kondisi *maximum user* parameter packet loss, dinyatakan bahwa kualitas packet loss menggunakan metode HTB lebih kecil nilainya dibandingkan dengan menggunakan metode *simple queue*, yang dibuktikan dengan rata-rata total packet loss dari metode *simple queue* sebesar 3,49% yang dibandingkan dengan menggunakan metode HTB yang memperoleh rata-rata total sebesar 1,97%. Dan untuk kondisi *minimum user* didapatkan rata-rata nilai packet loss sebesar 0,4% untuk metode HTB, sedangkan untuk metode *simple queue* didapatkan nilai rata-rata sebesar 4,37%. Yang dimana menurut tabel standar TIPHON, semakin kecil nilai packet loss maka kualitas jaringan *internet* akan lebih *Good*. Hasil perbandingan pengujian packet loss dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil rata-rata parameter packet loss

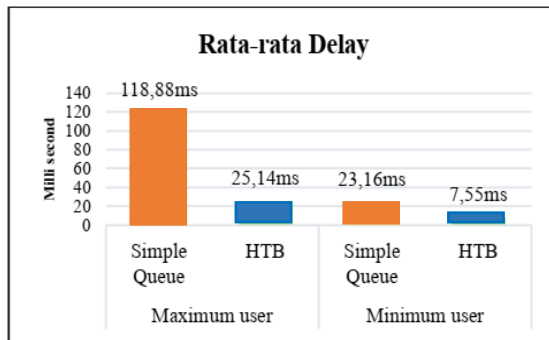
Parameter kedua adalah *throughput*, yaitu besaran *bandwidth* sebenarnya yang didapatkan oleh *user*. Berdasarkan hasil data trafik yang diambil dari 10 *user* pada kondisi *maximum user*, menggunakan metode *simple*

queue memperoleh rata-rata persentase nilai *throughput* sebesar 72,73% dari total *bandwidth* yang diberikan. Sedangkan untuk nilai *throughput* yang didapat saat menggunakan metode HTB adalah sebesar 61,97% dari total *bandwidth* yang diberikan. Dan berdasarkan tabel standar TIPHON, total rata-rata *throughput* yang menggunakan metode HTB dan metode *simple queue*, termasuk kedalam kategori "GOOD". Dengan selisih nilai *throughput* dari kedua metode tidak begitu jauh, yaitu sebesar 11%. Pada kondisi kedua yaitu *minimum user* menggunakan metode *simple queue* diperoleh rata-rata persentase nilai *throughput* sebesar 60,32% dari total *bandwidth* yang diberikan. Sedangkan untuk nilai *throughput* yang didapat saat menggunakan metode HTB adalah sebesar 243,54% dari total *bandwidth* yang diberikan. Sangat berbeda jauh dengan yang diperoleh dengan metode *simple queue*. Karena jika dilihat dari fungsi pembagian *bandwidth* pada metode HTB, HTB dapat menggunakan sisa *bandwidth* yang tidak terpakai oleh *user* yang sedang offline akan diberikan kepada *user* yang sedang online dan memerlukan *bandwidth* lebih. Hasil perbandingan pengujian *throughput* dapat dilihat pada Gambar 5.



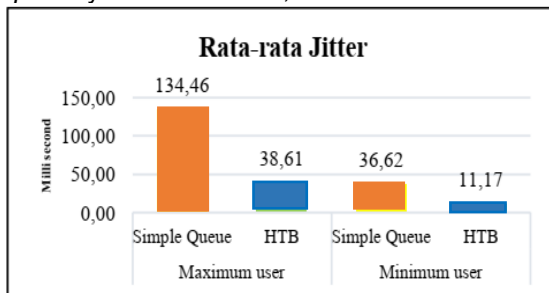
Gambar 5 Hasil rata-rata parameter *throughput*

Selanjutnya pengujian parameter ketiga yaitu parameter delay atau yang dimaksud dengan waktu tunda suatu paket yang sedang dikirim. Berdasarkan Gambar 6, pada kolom delay, pada kondisi *maximum user*, kedua metode mendapatkan rata-rata nilai dengan selisih yang lumayan jauh dalam hitungan mili detik, yaitu pada metode HTB lebih unggul dari pada metode *simple queue*, dengan selisih total rata-rata delay sebesar 93,74 ms (milli second). Dan juga pada kondisi *minimum user*, HTB kembali unggul dari metode *simple queue* dengan selisih rata-rata delay sebesar 15,61 ms (milli second). Dan dikatakan semakin kecil waktu tunda yang diperlukan suatu paket akan semakin cepat proses pengiriman untuk sampai ke tujuan atau semakin lebih *Good*.



Gambar 6 Hasil rata-rata parameter delay

Parameter terakhir adalah *jitter*, *jitter* merupakan total variasi delay dalam proses pengiriman. Dan Gambar 7 menjelaskan pada kondisi *maximum user* dan *minimum user* hasil *jitter* dari metode HTB juga lebih unggul dari pada metode *simple queue* dapat dilihat pada total nilai rata-rata *jitter* untuk metode HTB adalah sebesar 38,61 *millisecond* yang dibandingkan dengan total nilai rata-rata *jitter* dari metode *simple queue* yaitu sebesar 134,46 *millisecond* pada kondisi *maximum user*. Sedangkan untuk kondisi *minimum user*, rata-rata *jitter* untuk metode HTB adalah sebesar 11,17 *millisecond* yang dibandingkan dengan total nilai rata-rata *jitter* dari metode *simple queue* yaitu sebesar 36,62 *millisecond*.



Gambar 7 Hasil rata-rata parameter *jitter*

5. Kesimpulan dan Saran

Adapun kesimpulan dari penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode Hierarchical Token Bucket pada layanan *Hotspot Mikrotik Flash Anet* yaitu:

- Penerapan metode manajemen *bandwidth Hierarchical Token Bucket* pada *Router Mikrotik* dengan menggabungkan dengan layanan *Hotspot Mikrotik* sudah berjalan dengan baik, yang dibuktikan dengan fungsi dari metode HTB bisa berjalan dengan baik.
- Hasil pengukuran *bandwidth* yang didapat dari pengukuran dengan menggunakan 2 metode manajemen *bandwidth*, dimana diperoleh hasil rata-rata *download* dan *upload* dari metode HTB lebih besar dibandingkan hasil rata-rata dari metode *simple queue*.
- Hasil pengujian 4 parameter QoS dari 2 metode manajemen *bandwidth*, yang

pertama *packet loss*, dengan perolehan nilai rata-rata dari metode HTB lebih kecil dari perolehan rata-rata metode *simple queue*. Kedua adalah perolehan nilai *throughput* dari 2 metode, dengan kesimpulan metode HTB mendapatkan rata-rata *throughput* yang tidak jauh lebih besar dibandingkan metode *simple queue*. Parameter ketiga yaitu *delay*, dengan perolehan rata-rata *delay* yang didapat dari metode HTB lebih kecil dibandingkan dengan metode *simple queue*. Dan yang terakhir yaitu parameter *jitter*, dengan perolehan rata-rata yang didapat oleh metode HTB lebih kecil dibandingkan dengan metode *simple queue*.

- Dari hasil pengujian tersebut dapat dikatakan metode manajemen *bandwidth Hierarchical Token Bucket* dapat melakukan manajemen *bandwidth* yang disebar ke *client* dengan baik

Saran

Adapun beberapa saran yang dibuat pada penelitian ini yaitu:

- Penelitian ini dilakukan dengan berbagai keterbatasan. Disarankan untuk peneliti yang ingin melakukan penelitian yang serupa agar menggunakan jumlah *user* yang lebih banyak untuk hasil pengujian yang lebih akurat.
- Menggabungkan *layer7 protocol* dengan metode HTB, sehingga nantinya dapat digunakan untuk membagi *bandwidth* yang ada ke kategori *browsing* dan *download* sehingga aktifitas *browsing* tidak terganggu oleh aktifitas *download*.
- Dan juga dalam pengembangan selanjutnya diharapkan manajemen *bandwidth* ini dapat diimplementasikan pada jaringan CCTV, sehingga alokasi *bandwidth* jaringan CCTV setiap perangkat akan dikelola agar sesuai dengan kebutuhan dan menghindari perebutan *bandwidth*.

Daftar Pustaka

- Gunawan, B. A. (2015). Implementasi Queue Tree untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Seven Net Semarang. Implementasi Queue Tree Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Seven Net Semarang, 1–5.
- Adji Wisesa, B. P., Suharsono, A., & Yahya, W. (2018). Analisis Perbandingan Sistem Manajemen Bandwidth Berbasis Class-Based Queue Dan Hierarchical Token Bucket Untuk Jaringan Komputer.

- Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (JPTI IK) Universitas Brawijaya, 2(6), 2067–2074.
- [3]. Wijaya, A. I., & Handoko, L. B. (2014). Manajemen Bandwidth Dengan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5 Semarang. *Jurnal Teknik Informatika Udinus*, 1(1), 5–7.
- [4]. Santosa, B. (2004). Manajemen Bandwidth Internet Dan Intranet. Available: <http://kambing.ui.ac.id/onnopurbo/library/library-ref-ind/refind-2/network/bwmanagement.pdf>
- [5]. Sallent, O., Valenzuela, J. L., Portoles, M., Monleon, A., & San Esteban, I. (2005). A Hierarchical Token Bucket Algorithm to Enhance QoS in IEEE 802.11: Proposal, Implementation and Evaluation, 2659–2662.
- [6]. Ahdan, S., Firmanto, O., & Ramadona, S. (2018). Rancang Bangun Dan Analisis QoS (Quality of Service) Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Pada RT/RW Net Perumahan Prasanti 2. *Jurnal Teknoinfo*, 12(2), 49.
- [7]. Wilaksono, N. I. L., Triyono, J., & Iswahyudi, C. (2018). Analisis Perbandingan Kualitas Jaringan Multiple Service Set Identifier Dengan Access Point Dan Virtual Access Point Pada Satu Antarmuka Wireless Mikrotik (Studi Kasus Pada Osz Store Yogyakarta). *Jarkom*, 5(2), 109–119.
- [8]. Diyantoro, A., & Haekal, H. (2018). Penerapan Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Pada Mikrotik RouterOs. Skripsi Program Studi Teknik Informatika STMIK LPKIA Bandung.
- [9]. Sukri, & Jumiaty. (2017). Analisa Bandwidth Menggunakan Metode Antrian Per Connection Queue. (RABIT) *Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 2(2).
- [10]. Yuniati, Y., Fitriawan, H., & Patih, D. F. J. (2014). Analisa Perancangan Server Voip (Voice Internet Protocol) Dengan Opensource Asterisk Dan Vpn (Virtual Private Network) Sebagai Pengaman Jaringan Antar Client. *Jurnal Sains Dan Teknologi Industri*, 12(1), 112–121.
- [11]. Sugiantoro, B., & Mahardhika, Y. B. (2018). Analisis Quality of Service Jaringan Wireless Sukanet Wifi Di Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Kalijaga. *Jurnal Teknik Informatika*, 10(2).
- [12]. Dewobroto, P. (2019b). Fitur-Fitur Hotspot Mikrotik. Available: http://mikrotik.co.id/artikel_lihat.php?id=49
- [13]. Dewobroto, P. (2019a). Bypass Login Hotspot Mikrotik. Available: http://mikrotik.co.id/artikel_lihat.php?id=128
- [14]. Muhammad, M., & Hasan, I. (2016). Analisa Dan Pengembangan Jaringan Wireless Berbasis Mikrotik Router Os V.5.20 Di Sekolah Dasar Negeri 24 Palu. *Jurnal Elektronik Sistem Informasi Dan Komputer*, 2(1), 10–19.
- [15]. Goldman, J. E. (2005). *Applied data Communications, A bussiness-Oriented Approach*. Willey. Available: http://cis.msjs.edu/courses/core_courses/csis202/lessons/10/ch10.pdf