

Implementasi Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam Manajemen *Bandwidth* Untuk Meningkatkan Kualitas Layanan Jaringan

Syarfani Akbar¹, Aswandi^{2*}, Fachri Yanuar Rudi F³

^{1,2,3} Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B. Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

¹akbarakbar.red6@gmail.com

^{2*}aswandi@pnl.ac.id (penulis korespondensi)

³fachri@pnl.ac.id

Abstrak – Perkembangan teknologi informasi, khususnya internet, telah membawa dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan. Untuk memenuhi kebutuhan akses dan komunikasi yang meningkat, kinerja jaringan harus optimal, dengan manajemen *bandwidth* yang efektif. Penelitian ini bertujuan meningkatkan kualitas layanan internet di Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara melalui implementasi metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam manajemen *bandwidth*. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer meliputi informasi jaringan seperti topologi, kapasitas *bandwidth*, dan kualitas jaringan sebelum penerapan HTB. Data sekunder mencakup literatur dan artikel terkait manajemen *bandwidth*. Pengujian kualitas layanan (QoS) dilakukan menggunakan standar TIPHON, mencakup *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan *throughput* setelah implementasi HTB, dengan nilai *throughput* rata-rata naik dari 506 Kbps menjadi 1.809 Kbps, menunjukkan peningkatan efektivitas sebesar 72.02%. Namun, tidak ada perubahan signifikan pada *delay*, *packet loss*, dan *jitter*. Secara keseluruhan, implementasi HTB meningkatkan efektivitas manajemen *bandwidth* sebesar 57.71%. Implementasi HTB berhasil mengoptimalkan kinerja jaringan di Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara, memastikan alokasi sumber daya yang lebih baik dan pengalaman pengguna yang lebih optimal.

Kata Kunci: manajemen *bandwidth*, *Hierarchical Token Bucket*, *Quality of Service*.

Abstract – The advancement of information technology, particularly the internet, has had a significant impact on various aspects of life. To meet the growing demands for access and communication, network performance must be optimal, with effective *bandwidth* management. This research aims to improve the quality of internet services at the Dinas Syariat Islam of Aceh Utara Regency through the implementation of the *Hierarchical Token Bucket* (HTB) method in *bandwidth* management. The data collected consists of both primary and secondary data. Primary data includes network information such as topology, *bandwidth* capacity, and network quality before the implementation of HTB. Secondary data comprises literature and articles related to *bandwidth* management. *Quality of Service* (QoS) testing was conducted using the THIPON standard, covering *throughput*, *packet loss*, *delay*, and *jitter*. The test results show an increase in *throughput* after the implementation of HTB, with the average *throughput* value rising from 506 Kbps to 1,809 Kbps, indicating an effectiveness improvement of 72.02%. However, there were no significant changes in *delay*, *packet loss*, and *jitter*. Overall, the implementation of HTB enhanced *bandwidth* management effectiveness by 57.71%. The HTB implementation successfully optimized network performance at the Dinas Syariat Islam of Aceh Utara Regency, ensuring better resource allocation and an improved user experience.

Keywords: *bandwidth* management, *Hierarchical Token Bucket*, *Quality*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi, khususnya internet, telah memberikan dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan [1]. Kebutuhan akan akses dan komunikasi yang terus meningkat menuntut kinerja jaringan yang optimal, di mana manajemen *bandwidth* menjadi hal penting untuk memastikan setiap pengguna mendapatkan alokasi yang memadai [2]. Salah satu metode manajemen *bandwidth* yang efektif adalah *Hierarchical Token Bucket* (HTB) [3].

Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara membutuhkan layanan internet yang andal untuk mendukung berbagai aktivitasnya. Namun, kualitas layanan internet di

instansi tersebut masih belum optimal, dengan masalah seperti lambatnya akses dan koneksi yang tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode HTB guna meningkatkan kualitas layanan internet di Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang, maka rumusan masalah yang diusulkan pada penelitian ini adalah:

1. Berapa persentase nilai efektivitas metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam mengalokasikan *bandwidth* secara adil dan responsif pada jaringan Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara.

2. Berapa nilai kualitas jaringan setelah dilakukan manajemen bandwidth dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) berdasarkan perhitungan QoS.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat persentase efektivitas metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dalam mengalokasikan bandwidth secara adil dan responsif pada jaringan Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara.
2. Berapa nilai kualitas jaringan setelah dilakukan manajemen bandwidth dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) berdasarkan perhitungan QoS.

Bandwidth adalah kapasitas atau daya tampung suatu medium komunikasi untuk mengalirkan data dalam satuan waktu tertentu, biasanya diukur dalam *bit per second* (bps) [3]. *Bandwidth* internet disediakan oleh provider dalam jumlah yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan. *Bandwidth* juga mengukur konsumsi paket data per satuan waktu[4].

Manajemen *bandwidth* adalah teknik pengelolaan jaringan untuk memastikan alokasi *bandwidth* yang adil dan memuaskan, serta mencegah persaingan antar aplikasi [3]. *Bandwidth* yang disediakan oleh penyedia internet mempengaruhi kecepatan transmisi data [2]. Manajemen *bandwidth* juga berfungsi untuk mengoptimalkan jaringan dengan menerapkan layanan *Quality of Service* (QoS) guna mengatur tipe-tipe lalu lintas jaringan.

Quality of Service atau QoS adalah metode penilaian berkaitan dengan seberapa baik suatu jaringan komputer dan merupakan usaha dalam menentukan karakteristik serta sifat dari suatu layanan. QoS dipergunakan dalam menilai kumpulan atribut kinerja yang sudah dispesifikasikan serta diasosiasikan pada suatu layanan. Mengacu pada kapabilitas jaringan dalam memfasilitasi layanan lebih baik dalam *traffic* jaringan komputer tertentu dengan teknologi yang berbeda [5]. Adapun penjelasan parameter-parameter *Quality of Service* sebagai berikut.

1) *Throughput*

Throughput merupakan kecepatan transfer efektif yang diukur dalam *bit per second*. *Throughput* merupakan total jumlah bit paket selama transfer dibagi dengan durasi selang waktu transfer tersebut [6]. Kategori nilai *throughput* dapat dilihat pada Tabel I.

TABEL I
KATEGORI THROUGHPUT

Kategori Throughput	Throughput	Indeks
Sangat Bagus	>2.1 Mbps	4
Baik	1200 kbps – 2 Mbps	3
Cukup Baik	700 – 1200 Mbps	2

Kurang Baik	338 – 700 kbps	1
Buruk	0 – 338 kbps	0

Untuk menghitung nilai *throughput* (dalam Bytes) dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \tag{1}$$

2) *Packet Loss*

Packet loss merupakan penyebab utama pelemahan transfer VoIP. *Packet loss* terjadi karena pembuangan paket dalam jaringan di gateway sampai kedatangan terakhir (*late loss*) [5]. Kategori nilai *packet loss* dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL II
KATEGORI PACKET LOSS

Kategori	Packet Loss	Indeks
Sangat Bagus	0 %	4
Bagus	3 %	3
Sedang	15 %	2
Tidak Bagus	25 %	1

Untuk menghitung nilai *packet loss* dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$Packet\ los = \frac{\text{packet dikirim} - \text{packet diterima}}{\text{packet dikirim}} \times 100\% \tag{2}$$

3) *Delay*

Delay merupakan akumulasi dari berbagai waktu tunda dari ujung ke ujung pada jaringan internet. *Delay* menjadi acuan waktu transmisi paket dari pengirim hingga ke penerima [5]. Kategori delay dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III
KATEGORI DELAY

Kategori Delay	Besar Delay	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 ms – 300 ms	3
Sedang	300 ms – 450 ms	2
Tidak Bagus	>450 ms	1

Untuk menghitung nilai *delay* dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$Delay = \frac{\text{waktu antar paket}}{\text{jumlah paket}} \tag{3}$$

4) Jitter

Jitter ataupun variasi *delay* berkaitan dengan *latency*, yang menerapkan banyaknya variasi *delay* dalam transmisi data pada jaringan. *Delay* antrian dalam *router* serta *switch* menghasilkan *jitter*. Hal tersebut dihasilkan oleh variasi-variasi waktu mengolah data, panjang antrian beserta waktu penghimpunan ulang terhadap paket data akhir perjalanan *jitter*[7]. Kategori penurunan kinerja jaringan menurut nilai *peak jitter* dapat dilihat pada Tabel IV.

TABEL IV
KATEGORI JITTER

Kategori Jitter	Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms – 75 ms	3
Sedang	75 ms – 125 ms	2
Tidak Bagus	125 ms – 225 ms	1

Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah metode yang berfungsi untuk mengatur pembagian *bandwidth*, pembagian dilakukan secara hirarki yang dibagi-bagi ke dalam kelas sehingga mempermudah pengaturan *bandwidth* dengan tepat sehingga penggunaannya maksimal [2]. Ada tiga tipe dalam HTB, yaitu: *root*, *inner*, dan *leaf*. *Root class* berada paling atas, dan semua trafik harus melewati kelas ini. *Inner class* memiliki *parents class* dan *child classes*. Sedangkan *leaf class* adalah terminal *class* yang mempunyai *parents class* tetapi tidak mempunyai *child class*. Pada *leaf class*, trafik dari *layer* yang lebih tinggi disuntikkan melalui klasifikasi yang harus digunakan melalui *filter*, sehingga memungkinkan untuk membedakan jenis trafik dan prioritas. Sehingga, sebelum trafik memasuki *leaf class* harus diklasifikasikan melalui *filter* dengan berbagai rules yang berbeda [8].

Mikrotik adalah sistem operasi yang berbasis perangkat lunak (*software*) yang dipergunakan untuk menjadikan komputer sebagai router sebuah jaringan [9]. Mikrotik juga menggunakan sistem operasi berbasis Linux dan menjadi dasar *network router*. Sistem operasi (OS) ini sangat cocok untuk membangun administrasi jaringan komputer yang berskala kecil hingga besar.

Namun, hingga saat ini masih banyak orang yang salah memahami pengertian dari mikrotik dan *router*. Jika mikrotik adalah sebuah sistem operasi yang termasuk dalam golongan *open source*, maka *router* merupakan perangkat keras yang berfungsi sebagai penghubung antara dua jaringan atau lebih. Jadi, perbedaan yang paling mendasar adalah sebagai *software* dan *router* berperan menjadi *hardware* [10].

Winbox adalah *utility* yang digunakan untuk konektivitas dan konfigurasi MikroTik menggunakan *MAC Address* atau protokol IP. Dengan winbox kita dapat melakukan konfigurasi MikroTik *RouterOS* dan *RouterBoard* menggunakan mode GUI dengan cepat dan sederhana. Winbox dibuat menggunakan *win32 binary* tapi dapat dijalankan pada Linux, Mac OSX dengan menggunakan Wine

[11]. Semua fungsi winbox didesain dan dibuat semirip dan sedekat mungkin dengan fungsi console.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) untuk menguji kinerjanya pada jaringan Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara. Peneliti terlebih dahulu mengkonfigurasi *router* dengan metode HTB, kemudian melakukan pengujian *Quality of Service* (QoS). Dengan data hasil pengujian QoS, peneliti menghitung kinerja metode HTB berdasarkan parameter yang ada. Hasil perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan apakah metode HTB dapat meningkatkan kualitas layanan internet di lingkungan perusahaan Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara.

B. Data dan Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder yang akan dipergunakan peneliti untuk menerapkan manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Berikut adalah data yang akan dikumpulkan:

1) Data Primer

Data *primer* adalah data yang diperoleh dari sumber pertama secara langsung. Dalam penelitian ini, data primer yang dapat dikumpulkan meliputi:

- Data jaringan Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara, seperti topologi jaringan, kapasitas *bandwidth*, dan jenis trafik yang digunakan
- Data pengetesan kualitas jaringan pada Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara sebelum dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB).

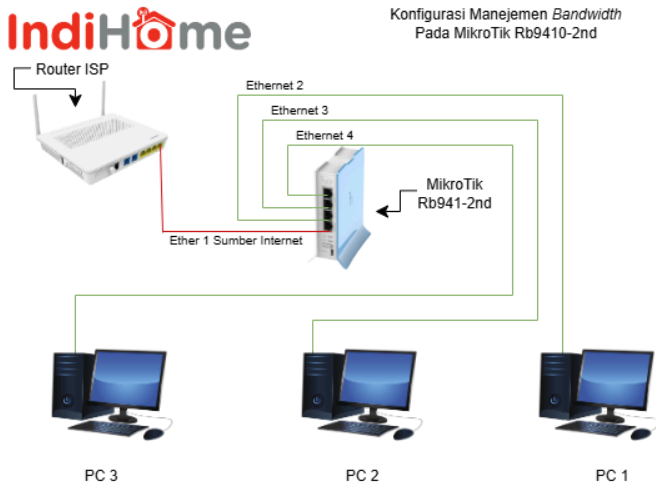
2) Data Sekunder

Data *sekunder* adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau sumber yang tidak langsung. Dalam penelitian ini, data *sekunder* yang dikumpulkan meliputi:

- Literatur tentang manajemen *bandwidth*, termasuk metode *Hierarchical Token Bucket*.
- Artikel yang membahas tentang manajemen *bandwidth*.
- Jurnal tentang manajemen *bandwidth*.
- Buku tentang manajemen *bandwidth*.

C. Rancangan Struktur Jaringan

Perancangan struktur jaringan berfungsi sebagai pemetaan alat dan bahan yang digunakan pada pengimplementasian manajemen *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) pada Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara.



Gambar 1. Rangkaian Struktur Jaringan

Pada Gambar 1 menunjukkan konfigurasi manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB. Konfigurasi ini menggunakan *router* MikroTik Rb941-2nd untuk menghubungkan komputer ke internet. Pada Gambar 1 *router* MikroTik Rb941-2nd terhubung ke internet melalui port WAN. Port LAN *router* kemudian terhubung ke PC pegawai.

D. Teknik Pengujian

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan teknik pengukuran *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss* untuk menguji kinerja metode HTB. Peneliti melakukan pengukuran sebelum dan sesudah menerapkan metode HTB. Perbedaan hasil pengukuran tersebut digunakan untuk menentukan apakah metode HTB dapat meningkatkan kualitas layanan internet.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1) Implementasi Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)

Pada *Queue List* dilakukan konfigurasi untuk HTB dimana Total *Bandwidth* sebagai *parent* utama, kemudian di bawahnya ada Jaringan LAN Kabel dan WiFi Dinas Syariat Islam sebagai *child* dari Total *Bandwidth*, dibawah LAN kabel ada PC1, PC2 dan PC3 sebagai *child* dari Jaringan LAN Kabel. Konfigurasi *Queue List* HTB dapat dilihat pada Gambar 2.

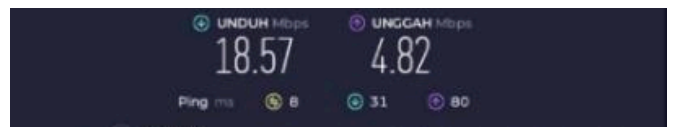
#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Lin
0	Total Bandwidth	10.10.10.0/24, 20.20.20.0/24, 30.30.30.0/24	5M	20M
1	Jaringan LAN Kabel	10.10.10.0/24, 20.20.20.0/24, 30.30.30.0/24	3M	10M
3	PC 1	10.10.10.0/24	1M	4M
4	PC 2	20.20.20.0/24	1M	3M
5	PC 3	30.30.30.0/24	1M	3M
2	WiFi Dinas Syariat Islam	192.168.10.0/24	2M	10M

Gambar 2. Konfigurasi *Queue List* HTB

2) Hasil Pengujian Koneksi Sebelum HTB.



Gambar 3. *Speed Test* PC 1 Sebelum HTB



Gambar 4. *Speed Test* PC 2 Sebelum HTB



Gambar 5. *Speed Test* PC 3 Sebelum HTB

Pada PC1, PC2, dan PC3 dilakukan pengujian koneksi jaringan dimana hasil yang didapatkan pada setiap PC sebelum dilakukan implementasi metode HTB kecepatan *download* dan *upload* masih sangat tinggi karena belum dilakukan limitasi.

3) Hasil Pengujian Parameter Menggunakan Standar TIPHON Sebelum HTB

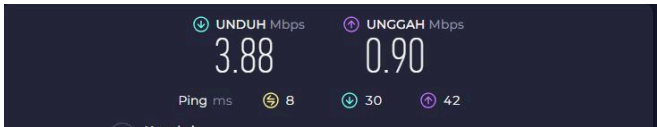
Pengujian parameter menggunakan standar TIPHON adalah sebuah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) pada jaringan internet. Pengujian dengan standar ini meliputi Throughput, Packet Loss, Delay, dan juga Jitter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel V.

TABEL V
HASIL PENGUJIAN QOS SEBELUM HTB

Nama Client	Parameter QoS							
	Throughput		Delay		Packet Loss		Jitter	
	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index
PC 1	683 Kbps	1	10.330818 /ms	4	0%	4	10.331049 /ms	3
PC 2	470 Kbps	1	17.68808 /ms	4	0%	4	17.688127 /ms	3
PC 3	365 Kbps	1	22.813763 /ms	4	0%	4	23.003124 /ms	3

Rata-Rata	506 Kbps	1	16,95 ms	4	0%	4	17.06 ms	3
------------------	----------	---	----------	---	----	---	----------	---

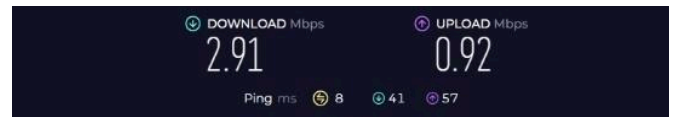
4) Hasil Pengujian Koneksi Setelah HTB



Gambar 6. Speed Test PC 1 Setelah HTB



Gambar 7. Speed Test PC 2 Setelah HTB



Gambar 8. Speed Test PC 3 Setelah HTB

5) Hasil Pengujian Parameter Menggunakan Standar TIPHON Setelah HTB.

Pengujian parameter menggunakan standar TIPHON adalah sebuah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) pada jaringan internet. Pengujian dengan standar ini meliputi *Throughput*, *Packet Loss*, *Delay*, dan juga *Jitter*. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel VI.

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN QOS SETELAH HTB

Nama Client	Parameter QoS							
	Throughput		Delay		Packet Loss		Jitter	
	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index
PC 1	1.684 Kbps	3	3.75764 /ms	4	0%	4	3.757665 /ms	3
PC 2	1.657 Kbps	3	3.98039 /ms	4	0%	4	3.980516 /ms	3
PC 3	2.086 Kbps	3	3.263269 /ms	4	0%	4	3.263307 /ms	3
Rata-Rata	1.809 Kbps	3	3.67 ms	4	0%	4	3.33 ms	3

B. Pembahasan

Dari perolehan nilai QoS sebelum dan sesudah dilakukan manajemen *bandwidth* menggunakan metode HTB, dapat dilihat perbedaan yang sangat signifikan pada setiap parameter.

1) Menghitung Efektivitas

Untuk mencari tingkat efektivitas dari penggunaan metode HTB dilakukan perbandingan nilai rata-rata *Quality of Service* (QoS) sebelum dan sesudah dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB).

- Peningkatan *Throughput*

$$\text{Peningkatan} = \frac{1809 - 506}{1809} \times 100\% = 72.02\%$$
- Pengurangan *Delay*

$$\text{Pengurangan} = \frac{16.95 - 3.67}{16.95} \times 100\% = 78.35\%$$
- *Packet Loss*
 Tidak ada perubahan pada *packet loss* = 0%
- Pengurangan *Jitter*

$$\text{Pengurangan} = \frac{17.06 - 3.33}{17.06} \times 100\% = 80.48\%$$

2) Menghitung Total Efektivitas

Untuk menghitung total efektivitas keseluruhan dari data QoS sebelum dan sesudah HTB yaitu, menggunakan rata-rata perbaikan untuk masing-masing parameter QoS (*Throughput*, *Delay*, *Packet Loss*, dan *Jitter*). Nilai efektivitas total dapat

dihitung dengan menggunakan formula rata-rata dari nilai efektivitas individual untuk masing-masing parameter. Dengan rumus = $(\text{Peningkatan } Throughput + \text{Pengurangan } Delay + \text{Packet Loss} + \text{Pengurangan } Jitter) / 4$

Total Efektivitas =

$$\frac{72.02\% + 78.35\% + 0\% + 80.48\%}{4} = \frac{230.85\%}{4} = 57.71\%$$

Total efektivitas keseluruhan dari penerapan HTB adalah sekitar 57.71%. Ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, ada peningkatan yang signifikan dalam kualitas layanan jaringan setelah penerapan HTB.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai implementasi manajemen *bandwidth* dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) di kantor Dinas Syariat Islam Kabupaten Aceh Utara, didapatkan bahwa efektivitas penerapan HTB mencapai 57,71%, yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam kualitas layanan jaringan. Pengujian TIPHON menunjukkan bahwa kualitas jaringan memuaskan dengan rata-rata *throughput* sebesar 1.809 Kbps, *delay* rata-rata 3,67 ms, *jitter* rata-rata 3,33 ms, dan *packet loss* 0%. Implementasi HTB pada MikroTik terbukti efektif dalam mengoptimalkan kinerja jaringan serta memastikan koneksi yang andal dan lancar bagi pengguna.

V. REFERENSI

- [1] F. R. Doni, "Implementasi Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Komputer Dengan Router Mikrotik," *Evolusi J. Sains Dan Manaj.*, vol. 7, no. 2, Okt 2019, doi: 10.31294/evolusi.v7i2.5843.
- [2] M. Iqbal Ichwan, L. Sugiyanta, dan P. Wibowo Yunanto, "Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22," *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. Dan Komput.*, vol. 3, no. 2, hlm. 122–126, Des 2019, doi: 10.21009/pinter.3.2.6.
- [3] C. A. Pamungkas, "Manajemen Bandwith Menggunakan Mikrotik Routerboard Di Politeknik Indonusa Surakarta," vol. 1, 2016.
- [4] Y. Irawan, Herianto, Siti Aisyah, dan Refni Wahyuni, "Analisa Prioritas Bandwidth Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Studi Kasus: SMK Taruna Mandiri Pekanbaru," *SATIN - Sains Dan Teknol. Inf.*, vol. 8, no. 1, hlm. 23–31, Jun 2022, doi: 10.33372/stn.v8i1.814.
- [5] I. B. A. E. M. Putra, M. S. I. D. Adnyana, dan L. Jasa, "Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, hlm. 95, Mar 2021, doi: 10.24843/MITE.2021.v20i01.P11.
- [6] H. Dafa Rizqi dan B. Tjahjono, "Analisis Quality of Service Jaringan Internet pada Bts Perangkat Ericsson Provider Indosat (Studi Kasus: Bts Indosat)," *J. Locus Penelit. Dan Pengabd.*, vol. 3, no. 6, hlm. 468–481, Jun 2024, doi: 10.58344/locus.v3i6.2767.
- [7] 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, hlm. 57, Jan 2022, doi: 10.35200/explore.v12i1.527.
- [8] F. R. Doni, "Implementasi Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Komputer Dengan Router Mikrotik," *EVOLUSI J. Sains Dan Manaj.*, vol. 7, no. 2, Okt 2019, doi: 10.31294/evolusi.v7i2.5843.
- [9] M. Z. A. Khair, "Apa Itu Mikrotik?," ITCC. Diakses: 20 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://itcc.itpln.ac.id/apa-itu-mikrotik/>
- [10] Rackh, "Apa itu Mikrotik? Ini Pengertian, Jenis, dan Peran Pentingnya!," RackH. Diakses: 20 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.rackh.com/mikrotik-adalah/>
- [11] M. T. Akbar, "WinBox Dan Penggunaannya Pada MikroTik OS -." Diakses: 20 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://mikrotik.itpln.ac.id/2023/03/15/winbox-dan-penggunaannya-pada-mikrotik-os/>