

MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE HIRARCHICAL TOKEN BUCKET PADA PEMBATAAN KECEPATAN INTERNET (STUDI KASUS : KANTOR KELURAHAN CIPARAGE JAYA)

Muhamad Galih Nasrullah, Nono Heryana, Arip Solehudin
Program Studi Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang
Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang Jawa Barat
muhamad.galih17140@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dan komunikasi memunculkan kebutuhan akan manajemen bandwidth yang efisien dalam jaringan komputer. Studi ini difokuskan pada Kantor Kelurahan Ciparage Jaya, di mana belum ada pembagian bandwidth yang merata, menyebabkan disparitas dalam pemanfaatan internet dan kesulitan akses. Tujuan penelitian ini menyesuaikan alokasi bandwidth dengan kebutuhan penggunaan internet kantor tanpa dominasi satu pengguna, serta membandingkan kecepatan internet dengan dan tanpa penambahan bucket size. Metode penelitian melibatkan analisis kebutuhan, implementasi manajemen bandwidth menggunakan Hierarchical Token Bucket, dan pengukuran kinerja jaringan. Hasilnya menunjukkan bahwa implementasi manajemen bandwidth memungkinkan distribusi yang lebih merata, meningkatkan kenyamanan pengguna, dan memperbaiki kinerja jaringan secara keseluruhan. Dengan demikian, penelitian ini menyoroti pentingnya manajemen bandwidth yang efektif untuk mencapai kinerja jaringan yang optimal dan memenuhi kebutuhan pengguna.

Kata kunci : *Manajemen Bandwith, HTB, Kantor Kelurahan Ciparage Jaya, Jaringan*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam teknologi dan komunikasi saat ini beriringan dengan evolusi karakteristik masyarakat modern yang cenderung memiliki tingkat mobilitas yang tinggi, menginginkan layanan yang lebih fleksibel, mudah diakses, dan mengutamakan efisiensi dalam berbagai aspek kehidupan. Oleh karena itu, permintaan akan informasi dan komunikasi semakin meningkat. Internet menjadi bagian tak terpisahkan dari rutinitas harian manusia, memfasilitasi akses mudah terhadap berbagai jenis informasi. Meskipun internet dapat diakses dari berbagai lokasi seperti sekolah, kampus, kantor, pusat perbelanjaan, kafe, dan tempat lainnya, namun seringkali terjadi disparitas dalam kecepatan akses bagi setiap pengguna dalam satu jaringan, yang menandakan perlunya manajemen jaringan yang efisien, yang sering kali disebut sebagai manajemen bandwidth.

Di Kantor Kelurahan Ciparage Jaya, belum diterapkan pembagian bandwidth yang merata kepada setiap pengguna, menunjukkan bahwa manajemen bandwidth belum diimplementasikan pada jaringan yang telah tersedia. Akibatnya, setiap pengguna mendapatkan alokasi bandwidth yang berbeda, mengakibatkan ketidakmerataan dalam pemanfaatan bandwidth dan kesulitan akses internet saat lalu lintas jaringan meningkat. Kondisi ini tidak hanya mengurangi kepuasan pengguna tetapi juga mengurangi kenyamanan saat menggunakan fasilitas WiFi di Kantor Kelurahan Ciparage Jaya. Oleh karena itu, diperlukan implementasi manajemen bandwidth yang efektif untuk mengatur lalu lintas jaringan internet di tempat tersebut.

Manajemen bandwidth adalah aspek krusial dalam infrastruktur jaringan komputer yang bertujuan untuk mengatur alokasi bandwidth secara merata di antara pengguna jaringan, terlepas dari jumlah pengguna yang ada [1]. Konsep ini mengacu pada pengaturan laju transfer data telekomunikasi antara server dan client dalam sebuah jaringan, diukur dalam satuan bit per detik (bps), selama periode waktu tertentu. Dengan menerapkan manajemen bandwidth yang efektif, akan dipastikan bahwa setiap pengguna mendapatkan akses yang adil dan stabil, tanpa mengalami hambatan yang berarti, bahkan ketika jumlah pengguna meningkat. Prinsip-prinsip dan kebijakan yang terkait dengan manajemen bandwidth ini membentuk dasar dalam mengelola jaringan komputer, dengan tujuan akhir mencapai kinerja jaringan yang optimal dan kepuasan pengguna yang maksimal [2].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Manajemen Bandwith

Manajemen Bandwidth adalah strategi pengelolaan jaringan yang bertujuan untuk menyediakan kinerja jaringan yang adil dan memuaskan [3]. Tujuannya adalah untuk memastikan alokasi bandwidth yang cukup untuk memenuhi kebutuhan lalu lintas data dan informasi, sambil menghindari persaingan antara berbagai aplikasi. Metode ini melibatkan penerapan berbagai layanan Quality of Service (QoS) yang berjumlah 21 untuk mengatur jenis-jenis lalu lintas jaringan dengan optimal [4].

2.2. Hierarchical Token Bucket (HTB)

Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah salah satu metode antrian pada perangkat Mikrotik yang digunakan untuk mengatur bandwidth dengan pola hierarki dan burst dari token bucket [5]. Teknik ini memungkinkan pembatasan lalu lintas pada setiap tingkat dan klasifikasi dalam jaringan. Pada HTB, terdapat metode antrian sederhana yang dikenal sebagai simple queue, yang merupakan opsi untuk mengelola bandwidth pada jaringan dengan skenario yang lebih sederhana. Penggunaan simple queue tidak memerlukan tugas klasifikasi atau pemasaran paket, karena konfigurasi antrian akan menggunakan metode HTB untuk memberikan alokasi bandwidth minimum dan maksimum kepada komputer client [6].

2.3. Router

Router adalah perangkat jaringan yang menghubungkan berbagai jaringan antara satu dengan yang lain. Meskipun memiliki kemiripan dengan bridge, router dianggap lebih cerdas karena menggunakan tabel routing untuk menentukan pengiriman paket data. Perangkat ini bekerja pada tingkat OSI Layer 3 dan bertugas menghubungkan tiga atau lebih transmisi serta menentukan alur data yang harus dikirim atau diterima berdasarkan alamat IP yang tersimpan dalam tabel routingnya [7].

2.4. Mikrotik

Mikrotik adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang memungkinkan transformasi komputer standar menjadi router jaringan yang andal, menyediakan berbagai fitur untuk jaringan IP dan nirkabel. Dengan Mikrotik, komputer dapat diubah menjadi router dengan instalasi perangkat lunaknya. Selain itu, Mikrotik terkenal karena efisiensi perangkat kerasnya, memiliki beragam fitur, mudah dikonfigurasi, dan dapat diakses baik melalui PC atau dalam bentuk router khusus dengan biaya yang terjangkau [8].

2.5. Winbox

Winbox adalah sebuah utilitas atau perangkat lunak yang digunakan untuk mengakses server Mikrotik melalui antarmuka grafis (GUI) dalam sistem operasi Windows. Mayoritas teknisi lebih memilih menggunakan Winbox untuk mengkonfigurasi Mikrotik OS atau routerboard daripada menggunakan mode Command Line Interface (CLI) langsung. Fungsi utama Winbox adalah untuk melakukan pengaturan pada proxy dengan menggunakan tampilan GUI atau desktop [9].

2.6. Network Development Life Cycle

NDLC merupakan model yang menggambarkan siklus proses perancangan dan pengembangan sistem jaringan komputer. Model ini mencakup elemen-elemen yang merinci fase, tahapan, langkah, dan mekanisme proses yang spesifik. Konsep "cycle" dalam NDLC menggambarkan secara komprehensif

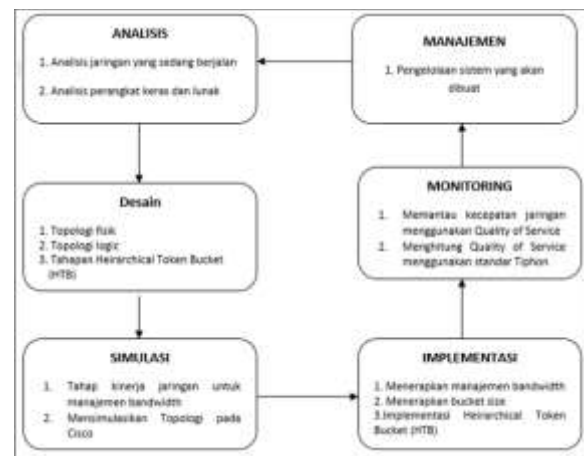
proses dan tahapan pengembangan sistem jaringan yang saling terkait. NDLC dapat digunakan sebagai pedoman utama dalam pengembangan dan perancangan sistem jaringan komputer, mengingat kebutuhan yang beragam dan kompleksitas kasus yang unik dalam sistem jaringan. Dengan menerapkan berbagai pendekatan pada model NDLC, memungkinkan penyelesaian kasus yang sesuai dengan kebutuhan spesifik setiap sistem jaringan [10].

2.7. Quality Of Service (QoS)

Quality of Service (QoS) adalah kapasitas suatu jaringan dalam memberikan layanan yang optimal. Kualitas dan performa jaringan dapat diidentifikasi melalui evaluasi kinerja yang dilakukan. Beberapa indikator yang sering digunakan untuk mengukur dan memantau performa jaringan adalah throughput, packet loss, delay (latency), dan jitter. QoS merupakan metode evaluasi yang bertujuan untuk menilai efisiensi dan kualitas layanan jaringan, dengan menetapkan dan mengukur serangkaian atribut kinerja yang terkait dengan layanan tersebut [11].

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah Network Development Life Cycle (NDLC). NDLC mempunyai 6 tahapan, adapun beberapa tahapan NDLC meliputi tahap Analisis, Desain, Simulasi, Implementasi, Monitoring dan manajemen. Adapun gambar tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Metode Penelitian

3.1. Analisis

Pada tahap ini, peneliti melakukan evaluasi terhadap topologi jaringan yang telah diimplementasikan di Kantor Kelurahan Ciparage Jaya, Kecamatan Tempuran Karawang. Dalam analisis persyaratan perangkat keras dan perangkat lunak, beberapa komponen yang dievaluasi mencakup akses poin, konektivitas internet, dan platform sistem operasi.

3.2. Desain

Membuat desain dari analisis yang sudah dilakukan dengan dibuatnya topologi fisik, topologi logic, dan tahapan *hierarchical token bucket*.

3.3. Simulasi

Pada tahap ini, dilakukan evaluasi kinerja awal jaringan yang akan diterapkan untuk manajemen bandwidth. Melalui simulasi ini, peneliti memperoleh pemahaman yang mendalam mengenai langkah-langkah yang perlu diambil pada tahap selanjutnya. Tahap berikutnya melibatkan simulasi topologi jaringan menggunakan aplikasi Cisco untuk merancang infrastruktur jaringan yang akan dibangun.

3.4. Implementasi

Pada tahap ini, akan diuraikan penerapan manajemen bandwidth pada router MikroTik menggunakan konfigurasi Winbox, dengan menyusun serangkaian langkah yang akan dilakukan. Langkah selanjutnya adalah menerapkan ukuran bucket pada perangkat MikroTik yang akan dijalankan, kemudian mengimplementasikan ukuran tersebut sesuai dengan perencanaan yang telah disusun sebelumnya. Tahap terakhir mencakup pengimplementasian Hierarchical Token Bucket (HTB) sebagai metode manajemen bandwidth, dan penerapan ukuran bucket sesuai dengan konfigurasi sebelumnya pada perangkat MikroTik yang akan dijalankan. Selanjutnya, akan dijelaskan topologi yang telah diterapkan menggunakan Hierarchical Token Bucket.

3.5. Monitoring

Pada tahap ini, dilakukan pemantauan terhadap kecepatan jaringan menggunakan Quality of Service (QoS) untuk mengevaluasi apakah penelitian berjalan sesuai dengan yang direncanakan dan apakah metode yang diterapkan sudah sesuai. Evaluasi ini juga mencakup penggunaan parameter QoS untuk menilai kinerja jaringan secara menyeluruh. Selanjutnya, dalam tahap perhitungan Quality of Service, peneliti menggunakan standar TIPHON sebagai pedoman untuk menghitung kualitas layanan jaringan, karena perhitungan TIPHON dianggap sebagai standar internasional dalam manajemen jaringan.

3.6. Manajemen

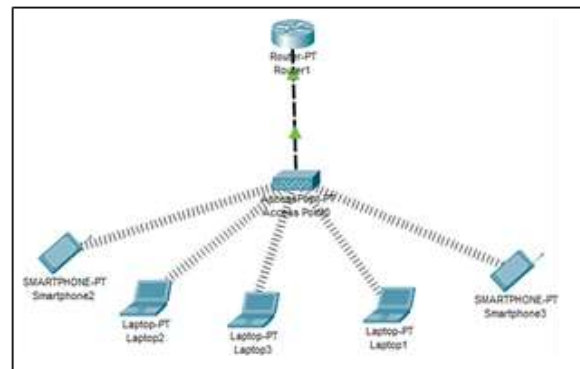
Dalam tahap ini, dilakukan yang namanya pengelolaan sistem agar kedepan berjalan dengan seharusnya tanpa ada kendala besar. Dalam pengelolaan sistem ini ada keamanan secara fisik, keamanan BIOS dan juga keamanan software. Untuk menjaga agar jaringan yang akan dibangun dapat dijaga dan rawat dengan baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis

Analisis dalam penelitian ini merincikan persyaratan untuk membangun sistem manajemen bandwidth yang direncanakan. Analisis kebutuhan

meliputi identifikasi perangkat keras dan lunak yang dibutuhkan, sementara analisis jaringan menjelaskan infrastruktur jaringan yang akan digunakan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 2. Topologi jaringan kantor kelurahan ciparage jaya

Tabel 1. Spesifikasi Analisis Kebutuhan Perangkat Keras

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1	RAM	8,00 GB
2	Mikrotik	Rb450gx
3	Acces Point	ZTE-ZXHN F660
4	Hardisk	512 GB
5	Processor	Intel(R) Core(TM) i5-3230M CPU @ 2.60GHz 2.60 GHz

4.2. Desain

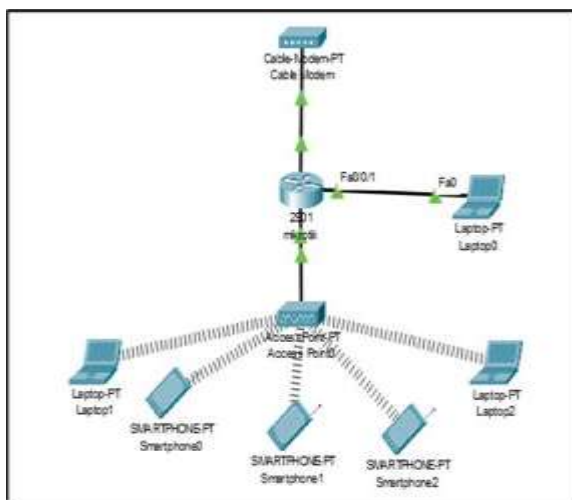
Hasil dari bagian desain ini menghasilkan gambaran desain topologi jaringan yang akan dibuat dan juga gambaran yang menjelaskan bagaimana tahapan rancangan metode HTB yang akan dibangun dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap sebagai berikut:

- Topologi Fisik**
Topologi fisik ini meliputi internet yang tersambung ke router lalu di konfigurasi melalui server lalu di sebarakan melalui hub setelah itu langsung di sambungkan ke client client yang membutuhkan internet.
- Topologi Logic**
Topologi Logic merupakan pembagian internet yang dilakukan oleh Kantor Kelurahan Ciparage Jaya yang meliputi internet yang langsung tersambung ke router lalu di konfigurasi melalui komputer server setelah itu di sebarakan menggunakan access point kepada client client yang membutuhkan internet.
- Tahapan Hierarchical Token Bucket**

Gambar 3. Desain tahapan *hierarchical token bucket*

4.3. Simulasi

Pada tahap Simulasi, dilakukan simulasi terhadap topologi jaringan yang akan digunakan. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengevaluasi kelayakan dan kinerja topologi yang direncanakan. Tahapan pertama dari simulasi ini adalah memeriksa kinerja awal jaringan yang akan diterapkan manajemen Bandwidth. Melalui simulasi ini, peneliti akan mendapatkan pemahaman mengenai langkah-langkah yang perlu dilakukan pada tahap selanjutnya. Selanjutnya, dilakukan simulasi topologi jaringan menggunakan aplikasi Cisco untuk memvisualisasikan desain topologi yang telah dirancang sebelumnya. Hasil dari pembuatan topologi jaringan ini akan menjadi dasar untuk tahapan selanjutnya dalam penelitian

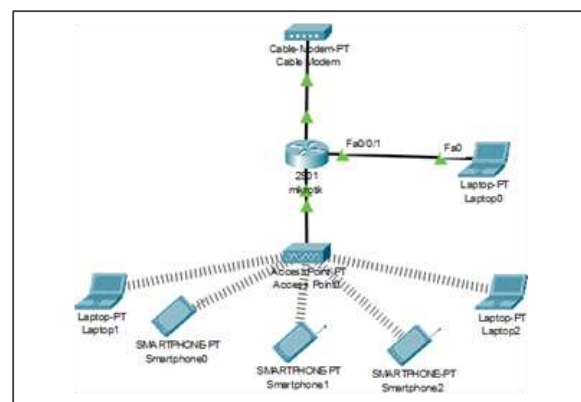


Gambar 4. Simulasi topologi jaringan

Pada gambar 4. topologi jaringan diatas merupakan hasil rancangan dari Simulasi yang sudah dijalankan dengan menggunakan aplikasi cisco paket tracer, setelah itu di setting menggunakan mikrotik melalui aplikasi Winbox yang di sambungkan terlebih dahulu ke acces point lalu dibagi beberapa client dengan ip yang berbeda dengan itu client sudah bisa dengan lancar dan menghasilkan lampu hijau yang bertanda internet sudah terhubung ke client masing-masing.

4.4. Implementasi

Pada tahap ini, akan dijelaskan penerapan manajemen Bandwidth pada router Mikrotik dengan menggunakan konfigurasi dari Winbox. Beberapa tahapan yang akan dilakukan mencakup implementasi simple queue dalam manajemen Bandwidth serta konfigurasi metode Hierarchical Token Bucket sesuai dengan desain yang telah ditetapkan sebelumnya. Tahapan pertama adalah mengimplementasikan Hierarchical Token Bucket (HTB) untuk memulai penerapan manajemen Bandwidth dan metode Hierarchical Token Bucket. Selanjutnya, akan diterapkan metode bucket size pada router Mikrotik yang akan dijalankan. Seluruh tahapan ini dilakukan berdasarkan topologi yang telah ditetapkan sebelumnya untuk memastikan kesesuaian dengan desain yang telah disusun sebelumnya.



Gambar 5. Implementasi jaringan HTB

Menerapkan bucket size pada mikrotik yang akan dijalankan, setelah itu menerapkan sesuai dengan apa yang sudah di rancang pada tahap sebelumnya. Peneliti menetapkan bucket size yaitu 10.000 agar client bisa mendapatkan Bandwidth ekstra ketika sedang menggunakan jaringan, dan agar Bandwidth yang kosong dapat terus menerus dipakai. Kalkulasi dalam berikut adalah gambar bucker size yang sudah ditetapkan pada peneliti ini.



Gambar 6. Bucket size 1

4.5. Monitoring

Pada tahap monitoring ini, akan dilakukan monitoring terhadap implementasi metode *Hierarchical Token Bucket* yang telah diterapkan sebelumnya. Tujuan dari monitoring ini adalah untuk memeriksa hasil dari penelitian terkait penerapan metode Hierarchical Token Bucket dalam melakukan pemerataan Bandwidth berdasarkan Maximum Information Rate (MIR) dan Committed Information

Rate (CIR) serta bucket size yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil dari monitoring ini akan memberikan gambaran mengenai efektivitas dan kesesuaian implementasi metode Hierarchical Token Bucket dengan tujuan yang telah ditetapkan, berikut gambar hasil dari simple queue yang sudah diterapkan:

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Packet Marks	Total Max
0	All Bandwidth	ether1-ISP	12M	12M		
1	USER1	172.16.1.2	1M	1M		
10	USER2	172.16.1.3	1M	1M		
2	USER3	172.16.1.4	1M	1M		
3	USER4	172.16.1.5	1M	1M		
4	USER5	172.16.1.6	1M	1M		
5	USER6	172.16.1.7	1M	1M		
6	USER7	172.16.1.8	1M	1M		
7	USER8	172.16.1.9	1M	1M		
8	USER9	172.16.1.10	1M	1M		
9	USER10	172.16.1.11	1M	1M		

Gambar 7. Queue list

a) Tanpa bucket size

Pada monitoring ini hasil dari pemerataan Bandwidth apabila tidak menggunakan bucket. Setelah itu akan dilakukan kembali monitoring jaringan dengan menggunakan bucket size maka akan terlihat perbedaan saat menggunakan bucket size atau tidaknya.



Gambar 8. Hasil monitoring tanpa bucket size

Pada gambar diatas menggunakan speed test dengan tidak menggunakan bucket size mendapatkan besaran bandwidth unduh dengan 0.7 Mbps dan unggah dengan 1.1 Mbps.

Tabel 2. Hasil sebelum menggunakan HTB dan Bucket Size

No	Upload	Download
1	0,7 Mbps	1,1 Mbps
2	1,0 Mbps	1,2 Mbps
3	1,2 Mbps	1,5 Mbps
4	0,8 Mbps	1,0 Mbps
5	0,5 Mbps	1,0 Mbps
6	1,3 Mbps	1,4 Mbps
7	1,1 Mbps	1,3 Mbps
8	1,0 Mbps	1,2 Mbps
9	1,0 Mbps	1,5 Mbps
10	0,9 Mbps	1,3 Mbps

b) Menggunakan bucket size

Dengan menggunakan bucket size, klien dapat memperoleh peningkatan bandwidth, bahkan jika hanya untuk jangka waktu singkat. Meskipun efeknya tidak berlangsung lama, tetapi dengan menggunakan bucket size, bandwidth yang tersisa dapat dialokasikan kepada perangkat lain yang terhubung ke jaringan, sehingga tidak ada bandwidth yang terbuang sia-sia.



Gambar 9. Hasil monitoring menggunakan bucket size

Pada gambar diatas menampilkan hasil dari penyeimbangan bandwidth dengan mengatur ukuran bucket. Meskipun perbedaannya kecil karena ukuran bucket hanya 10.000, klien berhasil mendapatkan sedikit tambahan bandwidth. Meskipun hanya berdampak sementara, diharapkan tambahan bandwidth ini dapat memberikan manfaat kepada klien. Pemantauan bandwidth tetap dilakukan melalui situs speedtest.cbn.net.id seperti pada tahap sebelumnya, untuk memperlihatkan perbedaan sebelum dan setelah penerapan metode bucket size.

Tabel 3. Hasil sesudah menggunakan HTB dan bucket size

No	Upload	Download
1	1,9 Mbps	1,9 Mbps
2	1,8 Mbps	2,0 Mbps
3	2,1 Mbps	2,3 Mbps
4	1,4 Mbps	1,8 Mbps
5	1,2 Mbps	1,7 Mbps
6	2,0 Mbps	2,1 Mbps
7	1,7 Mbps	1,9 Mbps
8	1,5 Mbps	2,0 Mbps
9	1,6 Mbps	1,9 Mbps
10	1,8 Mbps	2,1 Mbps

4.6. Manajemen

Dalam tahap ini, dilakukan yang namanya pengelolaan sistem agar kedepan berjalan dengan seharusnya tanpa ada kendala besar. Dalam pengelolaan sistem ini ada keamanan secara fisik, keamanan BIOS dan juga keamanan software. Untuk menjaga agar jaringan yang akan dibangun dapat dijaga dan rawat dengan baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengimplementasian metode Hierarchical Token Bucket untuk manajemen Bandwidth di Kantor

Kelurahan Ciparage Jaya memiliki beberapa kesimpulan. Pertama, dengan menerapkan metode ini, kebutuhan dalam penggunaan jaringan internet dapat terpenuhi. Melalui penggunaan simple queue yang mengatur antrian pada Bandwidth setiap client, jaringan internet menjadi lebih stabil dan hirarkis bagi setiap pengguna karena pembagian Bandwidth telah sesuai dengan yang ditetapkan untuk setiap client. Pembagian ini dilakukan dengan pembatasan menggunakan Committed Information Rate (CIR) dan Maximum Information Rate (MIR), sehingga setiap parent mendapatkan alokasi Bandwidth yang sama. Kedua, penambahan bucket size pada konfigurasi menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dengan penambahan bucket size, pengguna dapat mengakses extra Bandwidth yang melebihi burst, sedangkan tanpa penambahan bucket size, pengguna hanya dapat mencapai batas burst. Hal ini menunjukkan fleksibilitas dalam penyesuaian kebutuhan Bandwidth yang diperlukan oleh setiap pengguna, sehingga sisa Bandwidth dari parent dapat dimanfaatkan oleh pengguna lain yang membutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. H. Andhika, Arip Solehudin, Didi Juardi, and Garno, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Dengan Penambahan Bucket Size Usaha Aj Comp," *Elkom J. Elektron. dan Komput.*, vol. 15, no. 1, pp. 9–15, 2022, doi: 10.51903/elkom.v15i1.626.
- [2] Valia Yoga Pudya Ardhana and 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, pp. 70–76, 2023, doi: 10.47065/jimat.v3i2.257.
- [3] F. Agus and A. Suyatno, "Optimalisasi Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Intranet Universitas Mulawarman," *J. Inform. Mulawarman Progr. Stud. Ilmu Komput. Univ. Mulawarman*, vol. 5, no. 1, pp. 27–35, 2010.
- [4] H. P. Situmorang and J. C. Chandra, "Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Peer Connection Queue Pada SMK Budi Mulia Tangerang," *Idealis*, vol. 2, no. 3, pp. 202–208, 2019.
- [5] A. Riady and A. R. Mukthi, "Penerapan Manajemen Bandwidth Menggunakan Hierarchical Token Bucket Di PT. Bukit Energi Servis Terpadu," *J. Pengemb. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 2, no. 2, pp. 87–96, 2021, doi: 10.47747/jpsii.v2i2.549.
- [6] I. P. S. Sukri, "Analisa Peningkatan Kualitas Jaringan Dengan Penerapan Metode Antrian Hirarchical Token Bucket," *Sensasi 2018*, pp. 375–380, 2018.
- [7] R. Wang, D. Dong, F. Lei, J. Ma, K. Wu, and K. Lu, "Roar: A Router Microarchitecture for In-network Allreduce," *Proc. Int. Conf. Supercomput.*, no. July, pp. 423–436, 2023, doi: 10.1145/3577193.3593711.
- [8] C. A. Pamungkas, "Manajemen bandwidth menggunakan mikrotik routerboard di politeknik indonusa surakarta," *Inf. Politek. Indonusa Surakarta*, vol. 1, pp. 3–8, 2016.
- [9] S. W. Aji and R. S. Kharisma, "Manajemen User Dan Pengelolaan Bandwidth Pada Jaringan Hotspot Menggunakan Router Mikrotik," *Inf. Tehnol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–5, 2019.
- [10] R. Danil Fajri and R. Djutalov, "Implementasi Jaringan Hotspot Menggunakan Mikrotik untuk RT RW.Net Dengan Menggunakan Metode Network Development Life Cycle (NDLC) Pada Kampung Kelapa Indah Tangerang," *J. Ilmu Komput. dan Pendidik.*, vol. 1, no. 6, pp. 1437–1444, 2023, [Online]. Available: <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/logic>
- [11] G. Ardiansa and R. Pramananda, "Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 1, no. 11, p. 47, 2017.