

PENERAPAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET PADA JARINGAN INTERNET (STUDI KASUS : KONTRAKAN OREN)

Ilham Yusuf Abidin¹, Didi Juardi, S.T., M.Kom.,², Aries Suharso, S.Si., M.Kom.³

^{1,2,3}Informatika, Universitas Singaperbangsa Karawang, Jl. HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361

Keywords:

Bandwidth, HTB, QoS, MikroTik, Network Management, Kontrakan Oren.

Correspondent Email:

ilhamyusuf6412@gmail.com



JITET is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

Abstrak. Tingginya kebutuhan akan konektivitas yang cepat dan stabil di era digital menuntut sistem manajemen jaringan yang efisien, termasuk di lingkungan padat seperti rumah kontrakan. Penelitian ini mengimplementasikan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) dan *Quality of Service* (QoS) pada jaringan internet di Kontrakan Oren guna mewujudkan distribusi bandwidth yang adil dan terukur bagi seluruh pengguna. HTB dipilih karena kemampuannya dalam mengatur alokasi bandwidth secara hierarkis dan dinamis, serta meminimalkan masalah teknis seperti *delay* dan *packet loss*. Berbeda dari pembagian bandwidth konvensional yang dilakukan secara manual, pendekatan ini memungkinkan sistem berjalan otomatis dengan pemantauan yang lebih efektif. Penelitian ini tidak hanya membuktikan bahwa HTB mampu mempermudah pemerataan bandwidth, tetapi juga mampu meningkatkan stabilitas jaringan secara keseluruhan. Hasil implementasi menunjukkan bahwa metode ini berhasil menciptakan sistem manajemen bandwidth yang lebih efisien, responsif terhadap kebutuhan pengguna, dan dapat diterapkan secara berkelanjutan di lingkungan hunian serupa.

Abstract. The growing demand for fast and stable connectivity in the digital era calls for efficient network management systems, especially in densely populated environments such as rental housing. This study implements the *Hierarchical Token Bucket* (HTB) method and *Quality of Service* (QoS) on the internet network at Kontrakan Oren to achieve fair and measurable bandwidth distribution for all users. HTB was chosen for its ability to manage bandwidth allocation in a hierarchical and dynamic manner while minimizing technical issues such as *delay* and *packet loss*. Unlike conventional bandwidth distribution, which is done manually, this approach allows the system to run automatically with more effective monitoring. The study not only demonstrates that HTB facilitates bandwidth equalization, but also enhances overall network stability. The implementation results show that this method successfully creates a more efficient and user-responsive bandwidth management system, which can be sustainably applied in similar residential environments.

1. PENDAHULUAN

Internet sudah ada sejak ada tahun 1950-an yang dibuat untuk penyebaran informasi antar peneliti di pemerintahan karena komputer pada zaman itu besar dan sulit untuk dipindahkan

yang menyebabkan informasi sulit untuk dipindahkan dari satu computer ke computer yang lain. Salah satu yang menyebabkan internet semakin berkembang terjadi pada saat era perang dingin dimana saat Uni Soviet

meluncurkan satelit sputnik yang memacu departemen pertahanan Amerika Serikat untuk sebuah cara mengirim informasi yang masih bisa berfungsi jika ada serangan nuklir terjadi. Dari situlah teretus nya pembentukan ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network), akhirnya semenjak terbentuknya ARPANET inilah yang membuat internet menjadi seperti sekarang ini. Dan dari situlah sekarang Ada banyak lokasi yang sering dikunjungi oleh masyarakat untuk sekedar mengakses internet, seperti kampus, pusat perbelanjaan, kafe, dan berbagai tempat lainnya. Akan tetapi jarang sekali kita jumpai bahwa kecepatan setiap client dalam satu jaringan tidaklah sama, hal ini perlu dilakukan pengelolaan jaringan dengan baik. [1]

Oleh karena itu manajemen jaringan internet dibutuhkan untuk membagi rata jaringan internet yang digunakan oleh para user agar user dapat menikmati kecepatan internet yang sama. Atas dasar itulah diperlukannya manajemen bandwidth. Manajemen bandwidth adalah metode pengelolaan jaringan yang bertujuan untuk memberikan kinerja jaringan yang merata dan memuaskan. Teknik ini juga berfungsi untuk menjamin ketersediaan bandwidth yang cukup guna memenuhi kebutuhan lalu lintas data dan informasi, sekaligus mencegah konflik penggunaan antara aplikasi. Metode manajemen bandwidth berguna untuk mengatur trafik data pada jaringan internet dengan menggunakan router sebagai pembatas, pengatur, dan penjaga (firewall) jaringan untuk melindungi akses pengguna. QoS merujuk pada kemampuan jaringan untuk menyediakan layanan yang lebih baik bagi jenis trafik jaringan tertentu melalui berbagai teknologi yang berbeda. [2]

Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah teknik yang dapat mendistribusikan bandwidth secara tidak merata. HTB didefinisikan sebagai sejumlah token keranjang yang dikelompokkan secara hierarkis. Di HTB, ada tiga jenis class berbedayaitu root, inner, dan leaf. Pendekatan HTB dipilih karena menawarkan manfaat untuk mengklasifikasikan dan mengendalikan lalu lintas di setiap tingkat, memungkinkan tingkat yang lebih rendah untuk menggunakan atau meminjamkan bandwidth yang tidak digunakan pada tingkat yang lebih tinggi. Harga terjangkau dan Bandwidth yang baik, terkadang sulit di daerah yang belum

tercover oleh Banyak provider menghadapi tantangan dalam menyediakan layanan internet di daerah perumahan karena keterbatasan infrastruktur seperti tiang atau menara untuk mendistribusikan jaringan. [3]

Di kontrakan oren sendiri pembagian bandwidth kepada client masih dilakukan secara manual. Jadi, karena belum adanya penerapan manajemen bandwidth secara terstruktur yang menyebabkan bandwidth yang diterima oleh client tidak merata atau dapat dibilang tarik menarik bandwidth, hal ini menyebabkan penghuni kontrakan merasa tidak nyaman saat sedang mengakses internet. Dari situ kita tahu bahwa penghuni kontrakan merasa tidak nyaman saat sedang mengakses internet yang sudah disediakan oleh pemilik kontrakan oren itu sendiri, maka dari itu diperlukan HTB untuk menjadi solusi dalam pengelolaan manajemen bandwidth pada kontrakan oren. Ini disebabkan karena kecepatan internet hanya dibatasi oleh batas maksimum yang telah ditentukan, tanpa adanya manajemen tambahan pada batas maksimal yang dapat menjaga kecepatan internet tetap stabil dan konsisten dalam rata-rata penggunaan. [4]

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Internet*

Internet adalah sistem jaringan komunikasi yang memungkinkan perangkat komputer saling terhubung. Kata "*Internet*" berasal dari bahasa Latin *inter*, yang berarti "antara," sehingga *internet* dapat diartikan sebagai jaringan global yang menghubungkan berbagai perangkat komunikasi di seluruh dunia. *Internet* memiliki berbagai fungsi, seperti menyediakan akses informasi, mendukung transaksi online seperti berbelanja, menjadi sumber hiburan, dan memfasilitasi komunikasi cepat melalui email, pesan instan, dan panggilan video. Untuk memastikan efektivitasnya, penggunaan metode harus disesuaikan dengan fungsi dan kemampuannya yang sesuai [5].

2.2. Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan kumpulan komputer yang terhubung satu sama lain menggunakan media khusus, yang memungkinkan komunikasi dan berbagi data, informasi, serta perangkat keras di antara komputer-komputer tersebut. Jaringan komputer

dapat dikelompokkan berdasarkan wilayah cakupannya. Secara umum, terdapat tiga jenis jaringan komputer berdasarkan wilayah cakupannya, yaitu Local Area Network (LAN), Metropolitan Area Network (MAN), dan Wide Area Network (WAN) [6].

2.3. Hierarchical Token Bucket

Hierarchical Token Bucket merupakan sebuah metode pengaturan pembagian bandwidth pada router mikrotik yang dilakukan dengan cara hirarki yang terbagi dalam beberapa class agar setiap penggunaannya mendapatkan performa bandwidth yang maksimal. HTB diklaim akan memberikan sebuah kemudahan dalam pemakaian yang terdapat sebuah teknik peminjaman pada bandwidth yang sedang tidak digunakan bisa dipinjamkan kepada class yang berada di bawahnya dan juga menawarkan penerapan untuk pembagian trafik yang lebih tepat. Fungsi dari metode HTB sendiri adalah untuk menghasilkan sebuah struktur queue yang membentuk susunan hirarki dan akan mengatur hubungan antar class yang terdapat pada hirarki tersebut.

2.4. Quality of Service (QoS)

Quality of Service (QoS), atau kualitas layanan, adalah suatu metode pengukuran yang digunakan untuk menilai kinerja jaringan, termasuk aplikasi jaringan, host, atau router. Tujuan utama QoS adalah untuk meningkatkan kualitas dan perencanaan layanan jaringan agar dapat memenuhi kebutuhan serta standar pelayanan yang diharapkan oleh pengguna. Mekanisme ini berfungsi untuk mengelola lalu lintas dan memastikan kinerja aplikasi-aplikasi kritis, memungkinkan organisasi untuk menyesuaikan lalu lintas jaringan secara keseluruhan dengan memprioritaskan aplikasi berkinerja tinggi tertentu. Tujuan utama adanya QoS adalah untuk memungkinkan jaringan dan organisasi memprioritaskan lalu lintas data. Ini mencakup penyediaan bandwidth khusus, jitter yang terkontrol, dan latensi yang rendah [7].

2.5. Router

Router adalah sebuah perangkat jaringan yang berperan dalam menghubungkan beberapa jaringan dan mengarahkan paket informasi dari satu jaringan ke jaringan lain, baik menggunakan teknologi yang sama maupun berbeda. Fungsinya mencakup pengiriman paket data melalui jaringan atau internet untuk mencapai tujuan tertentu melalui proses yang

dikenal sebagai *routing*. Contoh dari salah satu fitur router adalah komputer router [8].

2.6. Mikrotik

Mikrotik RouterOS adalah sistem operasi yang dirancang khusus untuk perangkat router jaringan. Dengan menggunakan sistem operasi ini, PC dapat dijadikan sebagai router. Penggunaan Mikrotik sangat bermanfaat bagi penyedia layanan internet (ISP) dan perusahaan-perusahaan kecil yang ingin terhubung ke internet. Meskipun sudah ada banyak fitur router mini seperti NAT, Mikrotik tetap menjadi solusi terbaik dalam hal ini, terutama untuk pemakaian PC serta fitur lunak lainnya [9].

2.7. Winbox

Winbox adalah sebuah utilitas yang digunakan untuk melakukan *remote* ke server Mikrotik menggunakan antarmuka GUI (Graphical User Interface). Dengan Winbox, pengguna dapat mengkonfigurasi Mikrotik melalui GUI dari komputer mereka sendiri, sehingga memungkinkan pengaturan Mikrotik melalui PC klien dengan antarmuka GUI Winbox [10].

2.8. Network Development Life Cycle (NDLC)

Penulis menggunakan metode pengembangan sistem NDLC (Network Development Life Cycle) untuk menguraikan tahapan dan alur proses elemen-elemen yang terlibat dalam penelitian ini. NDLC adalah suatu model yang mengilustrasikan siklus proses perancangan dan pengembangan sistem jaringan komputer. Model NDLC ini mencakup elemen-elemen yang mendefinisikan fase, tahapan, langkah, atau mekanisme proses yang spesifik. Kata "cycle" menekankan bahwa model ini menggambarkan keseluruhan proses dan tahapan pengembangan sistem jaringan komputer secara menyeluruh [11].

2.9. Cisco Packet Tracer

Cisco Packet Tracer adalah perangkat lunak simulasi jaringan yang dikembangkan oleh Cisco Systems. Alat ini digunakan untuk merancang, mengkonfigurasi, dan mensimulasikan berbagai jenis jaringan komputer. Cisco Packet Tracer sangat populer di kalangan mahasiswa dan profesional jaringan komputer karena kemampuannya menyediakan lingkungan simulasi yang mirip dengan perangkat keras jaringan sesungguhnya. Fitur ini sangat berguna bagi penyedia layanan

internet atau perusahaan yang ingin membatasi dan memprioritaskan penggunaan *bandwidth* mereka[12].

2.10. Topologi Jaringan

Topologi mengacu pada susunan atau aturan yang mengatur bagaimana komputer dan perangkat jaringan terhubung secara fisik, serta pola interaksi antar komponen yang berkomunikasi melalui media jaringan. Beberapa jenis topologi yang umum digunakan meliputi topologi bus, topologi bintang, topologi ring, topologi mesh, dan topologi pohon [13].

3. METODE PENELITIAN

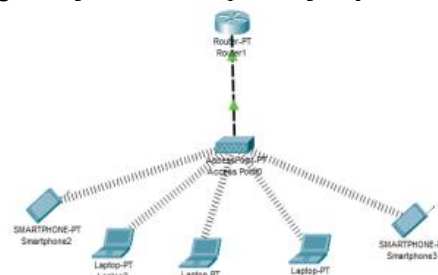
Penelitian ini menggunakan Network Development Life Cycle (NDLC) sebagai kerangka metodologi. NDLC adalah pendekatan proses yang berkelanjutan dalam komunikasi data untuk membangun jaringan komputer, yang berarti tidak memiliki titik awal atau akhir yang kaku. Model ini mencakup elemen-elemen yang menentukan fase, tahapan, langkah, dan mekanisme proses yang spesifik[14].

Metodologi ini terdiri dari beberapa tahapan: analisis, desain, simulasi, prototipe, implementasi, monitoring, dan manajemen. NDLC dipilih karena penelitian ini berfokus pada aspek jaringan komputer. Selain itu, tahapan-tahapan dalam NDLC disesuaikan dengan kondisi jaringan komputer yang ada saat ini, khususnya pada tahap manajemen. Metodologi ini juga mencakup lingkup atau objek penelitian, bahan dan alat utama yang digunakan, lokasi penelitian, teknik pengumpulan data, definisi operasional variabel penelitian, serta teknik analisis data [15].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan penerapan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket (HTB)*. Bagian ini menguraikan tahapan-tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian, meliputi proses analisis kebutuhan jaringan, perancangan sistem, simulasi konfigurasi, implementasi langsung di lingkungan jaringan, serta kegiatan monitoring dan manajemen untuk memastikan pembagian *bandwidth* berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

Pada tahap analisis, penelitian ini menguraikan semua hal yang esensial dalam membangun sistem manajemen *bandwidth* yang akan dikembangkan. Analisis kebutuhan akan mengidentifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk implementasi manajemen *bandwidth* tersebut. Sementara itu, analisis jaringan menjelaskan komponen-komponen yang digunakan pada jaringan tersebut sesuai dengan target awal dari penelitian ini. Analisis perancangan ini sendiri terbagi menjadi dua tahap selanjutnya.



Gambar 1. Topologi Kontrakan Oren

Dalam penelitian ini, kami menganalisis topologi jaringan yang ada di Kontrakan Oren. Pada tahapan analisis perangkat keras dan lunak, kami akan menguraikan secara menyeluruh semua yang dibutuhkan untuk membangun sistem manajemen *bandwidth* yang direncanakan. Fokus analisis ini mencakup identifikasi kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang esensial untuk mengimplementasikan manajemen *bandwidth* tersebut. Selain itu, kami akan menentukan komponen perangkat keras spesifik yang akan digunakan dalam sistem. Tabel di bawah ini merinci kebutuhan yang diperlukan untuk manajemen *bandwidth*.

Gambar 1. Tabel Perangkat

No	Perangkat Keras	Spesifikasi
1.	RAM	16,00 GB
2.	Mikrotik	RB750Gr3
3.	Acces Point	TL-WR840N
4.	SSD	512 GB
5.	Prosesor	Intel(R) Core(TM) i5-12500H CPU @ 2.50 GHz

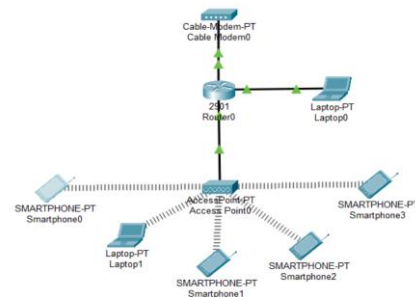
Pada tahap penelitian ini, kami melakukan konfigurasi ukuran bucket sesuai dengan kebutuhan sistem. Kami telah

mengimplementasikan konfigurasi Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan membuat *queue*. Fungsi utama *bucket* ini adalah menyediakan *ekstra bandwidth* dalam satuan waktu tertentu dengan mengatur ukurannya. Jika ukuran bucket lebih dari 1 (>1) atau kapasitas *bucket* melebihi Maximum Information Rate (MIR), maka *ekstra bandwidth* akan diberikan. *Ekstra bandwidth* ini dihitung dari hasil perkalian MIR (max-limit) dengan ukuran *bucket*. Namun, apabila ukuran bucket bernilai 0.1, kapasitas *bucket* menjadi lebih kecil dari MIR, sehingga *bandwidth* yang diberikan akan mengikuti max-limit yang telah ditentukan. Sebaliknya, jika ukuran bucket diatur dengan nilai lebih dari 1, maka ukuran *bucket* akan melebihi *max-limit*, menyebabkan *bandwidth* yang diberikan menjadi lebih besar dari *max-limit*. Konsep *token bucket* dalam penelitian ini mirip dengan konsep menabung tanpa bunga. Dalam penelitian ini, nilai *bucket size* ditetapkan sebesar 10.000 sebagai ukuran *bucket* yang digunakan.

Pada tahap **Simulasi**, kami akan melakukan pengujian terhadap topologi jaringan yang akan digunakan. Simulasi ini penting untuk memastikan apakah topologi yang dirancang dapat berfungsi dengan baik.

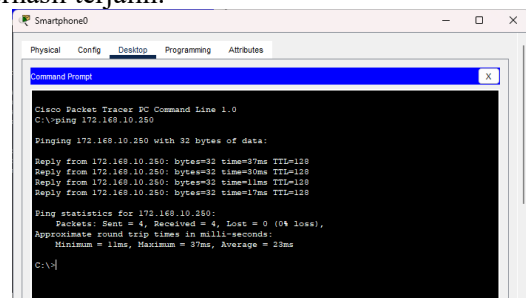
1. Evaluasi Kinerja Jaringan Awal: Di tahap ini, kami akan mengevaluasi kinerja awal jaringan sebelum menerapkan manajemen *bandwidth*. Hasil simulasi akan memberikan pemahaman tentang langkah-langkah yang diperlukan pada tahap selanjutnya untuk meningkatkan dan mengoptimalkan kinerja jaringan.

2. Simulasi Topologi dengan Cisco: Desain topologi jaringan yang telah direncanakan akan disimulasikan menggunakan aplikasi Cisco. Hasil dari tahap desain telah kami rencanakan, dan berikut adalah hasil dari pembuatan topologi jaringan tersebut.



Gambar 2. Simulasi Topologi jaringan

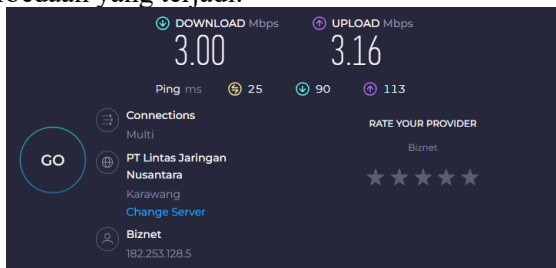
Hasil rancangan simulasi kami, yang telah berhasil dijalankan menggunakan Cisco Packet Tracer, kemudian dilanjutkan dengan pengaturan pada perangkat MikroTik melalui aplikasi Winbox. MikroTik ini terlebih dahulu dihubungkan ke *access point*. Setelah itu, jaringan dibagi untuk beberapa *client* dengan alamat IP yang berbeda. Dengan konfigurasi ini, setiap *client* dapat terhubung ke internet dengan lancar. Indikator lampu hijau yang muncul pada masing-masing *client* mengonfirmasi bahwa koneksi internet sudah berhasil terjalin.



Gambar 3. Hasil Koneksi

Pada tahap ini, jaringan telah berhasil terhubung dan terkoneksi satu sama lain, menunjukkan bahwa topologi jaringan yang direncanakan untuk penelitian ini berhasil diterapkan. Selanjutnya, pada tahap monitoring, kami melakukan pemantauan terhadap implementasi metode Hierarchical Token Bucket (HTB) yang telah diterapkan. Tujuan pemantauan ini adalah untuk mengamati hasil penelitian terkait pemerataan Bandwidth berdasarkan Maximum Information Rate (MIR), Committed Information Rate (CIR), serta ukuran *bucket* yang telah ditetapkan. Berikut adalah hasil implementasi *simple queue* yang telah diterapkan. Dalam tahap *monitoring* ini, kami juga mengevaluasi pemerataan *Bandwidth* saat tidak menggunakan *bucket size*.

Kemudian, kami memantau jaringan kembali dengan menggunakan *bucket size* untuk melihat perbedaan yang terjadi.



Gambar 4. Hasil Monitoring tanpa Bucket Size

Berdasarkan *speed test* yang dilakukan tanpa menggunakan *bucket size*, kecepatan unduh yang didapatkan adalah 3.0 Mbps dan kecepatan unggah 3.16 Mbps. Setelah menerapkan *bucket size*, klien dapat mengakses *bandwidth* yang lebih besar. Meskipun peningkatan *bandwidth* ini hanya berlangsung dalam beberapa saat, *bucket size* memungkinkan *bandwidth* yang tidak terpakai untuk dimanfaatkan oleh laptop atau perangkat lain yang sedang terhubung ke jaringan. Ini memastikan bahwa *bandwidth* tidak terbuang percuma dan dapat dimanfaatkan secara efisien oleh semua perangkat dalam jaringan.



Gambar 5. Hasil Monitoring dengan Bucket Size

Pada gambar di atas, terlihat hasil pemerataan *bandwidth* setelah konfigurasi *bucket size*. Meskipun perbedaannya tidak terlalu signifikan, klien mendapatkan sedikit tambahan *bandwidth*. Hal ini disebabkan karena dalam penelitian ini, *bucket size* ditetapkan sebesar 10.000. Diharapkan dengan adanya *bandwidth* tambahan sesaat ini, klien dapat merasakan sedikit peningkatan. Pemantauan *bandwidth* ini masih dilakukan menggunakan situs *speedtest.cbn.net.id*, sama seperti tahap sebelumnya, untuk membandingkan perbedaan *bandwidth* sebelum dan sesudah penerapan metode *bucket size*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan maka dapat di simpulkan, dengan adanya pengimplementasian dengan metode *Hierarchical Token Bucket* ini untuk manajemen Bandwidth pada Kontrakan Oren beberapa kesimpulannya sebagai berikut:

1. Berdasarkan kebutuhan dalam penggunaan *internet*, penelitian ini menerapkan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) menggunakan *simple queue* untuk mengatur antrean bandwidth pada setiap klien. Dengan penerapan ini, penggunaan bandwidth tiap klien dapat terpantau dengan jelas, sehingga koneksi *internet* menjadi lebih stabil dan setiap klien memperoleh alokasi bandwidth yang adil sesuai dengan total bandwidth yang telah ditentukan. Penetapan nilai CIR (*Committed Information Rate*) dan MIR (*Maximum Information Rate*) berfungsi sebagai batasan atau limitasi bandwidth yang diatur secara merata untuk setiap *parent* yang ada dalam struktur jaringan.
2. Penambahan *bucket size* menunjukkan perbedaan signifikan dibandingkan saat tidak menggunakan *bucket size*. Ketika *bucket size* ditambahkan, klien dapat memperoleh bandwidth tambahan yang melebihi batas *burst*, sedangkan tanpa *bucket size*, bandwidth hanya akan mencapai batas *burst* yang telah ditentukan. Namun, hal ini tetap bergantung pada kebutuhan bandwidth masing-masing klien. Jika terdapat sisa bandwidth dari *parent* atau dari klien lain yang sedang tidak menggunakan koneksi *internet*, bandwidth tersebut bisa dialokasikan ke klien lain yang sedang aktif.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. B. Pello dan R. Efendi, "Analisis Quality of Service Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Studi Kasus: Fti Uksw) Quality of Service Analysis Using the Hierarchical Token Bucket Method (Case Study: Swcu Fti)," J. Inform. dan Komputer) Akreditasi KEMENRISTEKDIKTI, vol. 4, no. 3, hal. 193–198, 2021, doi: 10.33387/jiko.

- [2] M. Badrul dan Akmaludin, "Implementasi Quality of Services (Qos) Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth," *Prosisko* Vol. 6 No. 1 Maret 2019, vol. 6, no. 1, hal. 1–9, 2019.
- [3] L. Lukman, A. M. Saputro, A. S. Wicaksono, F. H. T. Hartomo, dan M. N. Jatun, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) di Farid.net," *Creat. Inf. Technol. J.*, vol. 5, no. 3, hal. 209, 2019, doi: 10.24076/citec.2018v5i3.237.
- [4] A. Wahyu Azinar dan R. Sapta Adi, "Analisis QoS (Quality of Service) pada Warnet dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket)," *J. Ilm. Nero*, vol. 3, no. 1, hal. 45–52, 2017.
- [5] I. N. Fadilah, "Penggunaan Metode Selling Dalam Pembelajaran Akhlak di SMK Muhammadiyah Somagede Tahun Pelajaran 2018/2019," pp. 5–44, 2019.
- [6] S. Sumardi dan M. T. A. Zaen, "Perancangan Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik Router OS Pada SMAN 4 Praya," *J. Inform. dan Rekayasa Elektron.*, vol. 1, no. 1, hal. 50, 2018, doi: 10.36595/jire.v1i1.32.
- [7] M. R. Santosa, P. Purwantoro, and A. Suharso, "Perbandingan Analisis Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Simple Queue Dan Queue Tree Pada Lawang Café Karawang," *JITET*, vol. 12, no. 3, Aug. 2024.
- [8] S. Ahdan, O. Firmanto, dan S. Ramadona, "Rancang Bangun dan Analisis QoS (Quality of Service) Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada RT/RW Net Perumahan Prasanti 2," *J. Teknoinfo*, vol. 12, no. 2, hal. 49, 2018, doi: 10.33365/jti.v12i2.89.
- [9] C. A. Pamungkas, "Manajemen Bandwith Menggunakan Mikrotik Routerboard Di Politeknik Indonusa Surakarta," *Inf. Politek. Indonusa Surakarta*, vol. 1, hal. 22, 2016.
- [10] D. Wintana, D. Pribadi, dan M. Y. Nurhadi, "Analisis Perbandingan Efektifitas White-Box Testing dan Black-Box Testing," 2022.
- [11] T. Sanjaya dan D. Setiyadi, "Network Development Life Cycle (NDLC) Dalam Perancangan Jaringan Komputer Pada Rumah Shalom Mahanaim," *Mhs. Bina Insa.*, vol. 4, no. 1, hal. 1–10, 2019.
- [12] H. Heromadhani, S. Sudarmaji, and A. Hidayat, "Pengembangan Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik Pada Smp Negeri 8 Metro," *J. Mhs. Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 2, pp. 212–219, 2021, doi: 10.24127/ilmukomputer.v2i2.1671.
- [13] A. S. HANDIKA and S. T. Sukirman, "Pengenalan Konsep Topologi Jaringan Menggunakan Aplikasi Augmented Reality Untuk Kelas X SMK," 2021, [Online].Available:[http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/93736%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/93736/1/Naskah Publikasi %281%29.pdf](http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/93736%0Ahttp://eprints.ums.ac.id/93736/1/Naskah_Publikasi_%281%29.pdf).
- [14] L. Ali, "Arti Kata Penerapan Menurut Ahli Bab2," p. 1, 2020.
- [15] C. Hariyadi, "Graf Dalam Topologi Jaringan," *Ilmu Komput. Dan Tekologi Inf.*, vol. III, no. 10, 2009.