

IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWITH MENGGUNAKAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA JARINGAN MIKROTIK

Tri Oktafi Sidqi¹⁾, Iskandar Fitri²⁾, Novi Dian Nathashia³⁾

^{1, 2,3)} Informatika, Fakultas Teknologi Komunikasi dan Informatika, Universitas Nasional
Ps. Minggu, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta

e-mail: trioktafisidqi03@gmail.com¹⁾, iskandar.fitri@civitas.unas.ac.id²⁾, novidian@civitas.ac.id³⁾

ABSTRAK

Diera modern saat ini internet sangat membantu bagi kepentingan setiap orang dalam melaksanakan tugas-tugasnya baik untuk pekerja maupun pelajar sehingga penggunaan internet sangat tinggi. Oleh karena itu, penerapan infrastruktur jaringan sangat penting untuk mengatur kecepatan dan kebutuhan internet. Dalam penelitian ini membahas tentang mengatur atau mengagendakan kecepatan internet dengan implementasi metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada sebuah jaringan mikrotik. Metode ini bekerja dengan cara pembagian bandwith ke dalam beberapa kelas yang berupa class parent dan child. Kesimpulannya dari cara ini kita dapat membagi bandwith secara stabil dan merata. Dengan metode HTB manajemen bandwith dapat dikelola dengan baik dan lebih efisien karna dengan metode inilah queue yang dibuat dapat lebih terstruktur dan lebih rapi maka router akan memiliki kinerja yang lebih optima. Dengan cara membagi kelas dalam kelompok parent dan child menjadikan sebuah cara yang baik dalam pembagian traffic internet sehingga user atau client dapat melakukan perputaran data atau informasi sama rata atau akan lebih terstruktur.

Kata Kunci: HTB, Bandwith, Simple Queue, Mikrotik

ABSTRACT

In today's modern era the internet is very helpful for everyone's interests in carrying out their duties for both workers and students so that internet usage is very high. Therefore, the application of network infrastructure is very important to regulate the speed and needs of the internet. This research discusses about regulating or scheduling internet speed by implementing the HTB (Hierarchical Token Bucket) method on a Mikrotik network. This method works by dividing the bandwidth into several classes in the form of parent and child classes. The conclusion from this method we can divide the bandwidth stably and evenly. With the HTB method, bandwidth management can be managed properly and more efficiently because with this method the queue that is created can be more structured and neater, so the router will have a more optimal performance. By dividing the class into parent and child groups, it is a good way of dividing internet traffic so that users or clients can rotate data or information equally or it will be more structured.

Keywords: HTB, Bandwith, Simple Queue, Mikrotik

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi terutama dalam bidang jaringan computer telah berkembang dengan pesat. Kita sebagai pengguna juga sudah sangat bergantung pada jaringan computer untuk melaksanakan tugas dengan tepat dan cepat. Hal tersebut terjadi bukan pada perusahaan-perusahaan besar saja tetapi itu juga terjadi pada perusahaan kecil serta individu membutuhkan data atau informasi yang terbaru melalui jaringan internet. Fenomena tersebut tak terlepas dari bidang Information and Communication Technology (ICT). Dengan system pada ICT maka akan terasa lebih canggih dan efisien dari pada dengan system yang manual.

Dalam sebuah organisasi baik perusahaan dibidang penjualan maupun pendidikan, sebuah jaringan computer pasti sangat dibutuhkan dalam melakukan pertukaran data terutama pada jaringan internet, tidak sedikit bandwith yang digunakan. Oleh karena itu, kita dapat mengatur dan mengelola bandwith yang dimiliki supaya dapat berjalan supaya dapat berjalan dengan optimal.

Dalam menjalankan tugas-tugas yang kita kerjakan tidak terlepas dari teknologi internet untuk pencarian data atau informasi tertentu yang dibutuhkan, oleh karena itu melalui jaringan internet kita membutuhkan sebuah bandwith yang merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan untuk menjalankan sebuah kegiatan operasional[1].

Pada ruang lingkup perusahaan sebuah jaringan computer sangat penting dan dibutuhkan untuk mengelola serta menunjang kebutuhan sebuah perusahaan, karena dengan adanya sebuah jaringan computer maka proses perputaran data menjadi lebih mudah serta didukung dengan jaringan internet yang memadai membuat kegiatan pertukaran data atau informasi menjadi semakin luas. Didalam pemakaian jaringan pastinya akan ada keterbatasan bandwith

yang tersedia oleh karena itu, kita perlu mematasi bandwith dan dikelola dengan baik untuk memenuhi kebutuhan user.

Dari permasalahan diatas kita dapat memilih penggunaan router sebagai solusi dengan cara mikrotik router kita dapat mengelola jaringan dengan baik. Pada mikrotik router memiliki keunggulan fitur-fitur yang bisa membantu kita untuk mengelola serta menjaga jaringan dengan lebih baik.

Penggunaan Hierarchical Token Bucket (HTB) dirasa sebagai metode yang cukup tepat sebagai metode pembagian limitasi bandwith yang memungkinkan Queue menjadi lebih simplex dengan karakter yang terstruktur dan pengelompokan yang hirarki[2]. Penggunaan metode HTB juga dipilih karena router lebih mudah melayani user dengan sama rata dan menjadikan router bekerja lebih lagi serta lebih optimal[3].

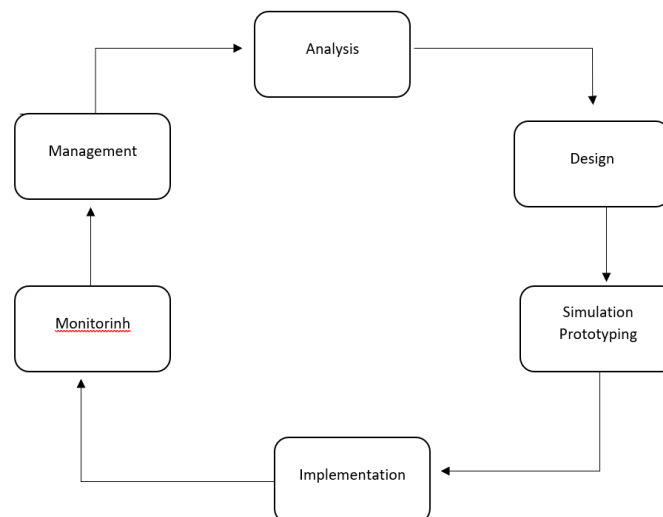
Berdasarkan penelitian sebelumnya dengan adanya manajemen bandwith maka setiap client ISP akan dengan mudah untuk mengatur permintaan pelanggan bandwith yang diperlukan dan pada akhirnya implementasi manajemen bandwith dapat diterapkan untuk menangani permasalahan ISP yang lebih kompleks dengan jumlah user dan paket yang ditawarkan lebih variative[4].

Kemudian pada tahun 2017 terdapat penelitian yang menyatakan bahwa penerapan dengan limitasi HTB juga dapat meminimalisir terjadinya delay serta troughput pada setiap client dalam sebuah jaringan[5]. Pada tahun 2020 dilakukan juga penelitian yang membandingkan 2 metode manajemen bandwith yang berbeda dengan perbedaan yang tipis antara troughput, delay, packet loss dan jitter. Hasil dari perbandingan tersebut metode HTB jauh lebih unggul dibandingkan dengan metode PCQ meskipun hasil indeks yang didapat tidak jauh berbeda[6]. Kemudian pada tahun 2019 dilakukan analisis manajemen bandwith pada jaringan SMK Negeri 22 dinyatakan bahwa penggunaan manajemen bandwith dengan metode HTB mendapatkan kualitas yang lebih baik dengan penurunan packet loss[7]. Selanjutnya pada penelitian kali ini penulis mengangkat studi kasus yang terjadi pada sebuah toko yang bergerak dibidang jasa, dalam toko tersebut kita dapat menerapkan jaringan mikrotik dengan 1 kontrol terpusat dan menerapkan pembagian bandwith HTB untuk membantu akses data atau informasi dari media internet. Dengan penerapan router pusat sebagai kelas *parent* dan client yang akan mendapatkan konfigurasi kelas *child*.

II. METODE PENELITIAN

A. Metode NDLC

Dalam merancang sebuah jaringan penulis melakukan sebuah pendekatan terhadap proses pertukaran data yang



Gambar. 1. Proses Metode NDLC

beorientasi pada jaringan. Pendekatan tersebut menggunakan metode NDLC dimana terdapat beberapa langkah yang digunakan untuk melakukan sebuah penelitian. Berikut merupakan gambar pendekatan yang penulis lakukan.

Metode NDLC merupakan strategi untuk meningkatkan analisis system dengan Teknik terstruktur dalam mengelola pengembangan jaringan system. NDLC memiliki beberapa tahap dari analisis, desain, simulasi, implementasi, monitoring hingga manajemen.

- 1) Analisa, proses yang dilakukan disini dengan cara mengidentifikasi masalah yang muncul pada sebuah jaringan yang dibangun.
- 2) Desain dengan informasi atau data yang telah didapat sebelumnya, dalam proses desain kita akan

melakukan rancangan terhadap sebuah jaringan dimana jaringan tersebut akan memberikan gambaran seutuhnya dari kebutuhan yang didapat.

- 3) Simulasi dengan beberapa networkes akan membuat simulasi dengan bantuan dari tools-tools yang tersedia pada system jaringan hal ini dimaksudkan agar kita dapat melihat proses data yang berjalan dari network yang telah dibangun.
- 4) Implementasi dalam proses ini akan membutuhkan waktu yang lebih lama dari pada sebelumnya ini dikarenakan dalam tahap ini semua kita harus menerapkan apa yang telah kita rancang sebelumnya.
- 5) Monitoring ini diperlukan untuk memantau jaringan yang telah kita buat apakah dapat berjalan sesuai dengan keinginan atau tidak sehingga kita dapat melakukan perbaikan bila terjadi hal yang salah.
- 6) Management dengan langkah ini kita perlu memperhatikan masalah pada policy dengan kebijakan apa yang dibutuhkan system agar dapat bekerja dengan baik dengan unsur reliability dapat terjaga dengan baik juga.

B. Analisa Kebutuhan

Dalam menganalisa kebutuhan bertujuan untuk menyempurnakan apa saja dibutuhkan dan memastikan pemangku kepentingan dan kekurangan lainnya jika ada. Dalam penelitian kali ini berikut adalah beberapa kebutuhan untuk menjalankan simulasi yaitu;

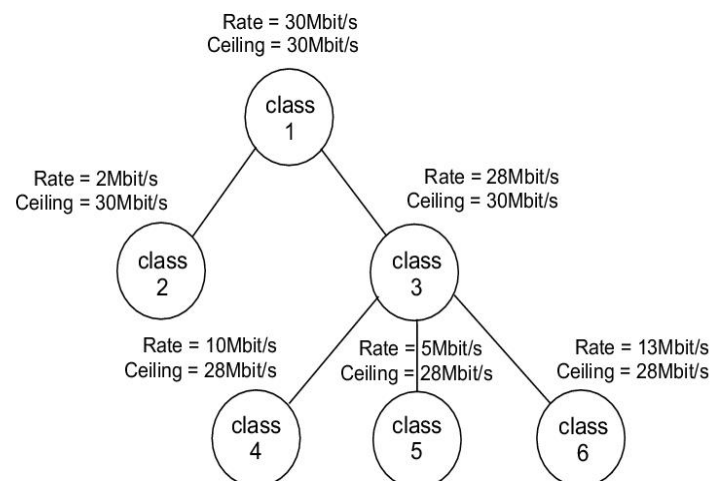
- 1) Kebutuhan software: windows 10, GNS3, VMware Workstation, Winbox
- 2) Kebutuhan Hardware: Prosesor Ryzen 3, RAM 8GB DDR4, SSD 512GB

TABEL I
ANALISA KEBUTUHAN

NO	Hardware	Software
1	Processor Ryzen 3	Windows 10
2	RAM 8GB DDR4	GNS3
3	SSD 512GB	VMware Workstation
4		Winbox

C. Hierarchical Token Bucket(HTB)

Hierarchical Token Bucket(HTB) merupakan metode difungsikan untuk pembagian bandwidth dengan system



Gambar. 2. Metode HTB

hierarki yang terbagi dalam kelas-kelas dengan tiap kelasnya dapat mempermudah pengaturan bandwidth. Metode ini dirasa dapat memberikan kemudahan dalam pemakaiannya dengan akurasi teknik peminjaman dan pembagian trafik yang lebih baik[8]. Menurut pendapat ahli HTB juga aplikasi yang berfungsi secara hirarki dalam tiap kelas yang kemudian dapat mempermudah pengaturan bandwidth[9]. Ada juga pendapat HTB merupakan kelas yang termasuk dalam basis disiplin Queue[10]. Serta HTB merupakan suatu classfull qdisc dengan kumpulan konfigurasi yang lebih kompleks atau sederhana dibandingkan class based queue (CBQ)[11].

Metode HTB juga dapat menjamin jaringan yang digunakan akan mendapatkan bandwidth yang merata dan sesuai

dengan apa yang telah didefinisikan[12]. Pembagian trafik ini dapat dilakukan dengan system antrian pada HTB dengan pembatasan trafik pada setiap level yang ada pada sebuah jaringan. Ada beberapa kelas yang ada pada HTB diantaranya root class, inner class dan leaf class.

Pada kelas pareng maka parent akan memiliki bandwith yang paling besar untuk akumulasi kelas child yang nantinya memiliki jumlah bandwith yang tidak lebih besar dari kelas parent[13]. Pada root class semua traffic akan melalui kelas ini yang merupakan kelas yang berada di paling atas atau yang pertama. Pada Inner class terdapat kelas parent serta child sementara itu leaf class merupakan terminal dimana terminal ini memiliki kelas parent yang tidak memiliki kelas child.

Dengan begini HTB juga dapat memungkinkan agar kita membuat simple queue yang lebih terstruktur dalam melakukan pembagian kelompok-kelompok kelas child. Teknik dalam metode ini mirip seperti yang ada pada Class Based Queue hanya saja berbeda dalam opsinya dimana metode HTB yang kita buat lebih sedikit opsi saat melakukan konfigurasi serta lebih fleksibel[14]. Penerapan metode HTB ini juga dilakukan untuk mendistribusikan bandwith ke-client dengan menerapkan suatu metode dengan cara mengetahui lebih dahulu seperti apa struktur dalam sebuah jaringan itu sendiri, disaat semua data atau informasi sudah diperoleh atau terkumpul maka metode ini pun dapat dilakukan[15].

D. Bandwidth Management

Bandwidth adalah kumpulan ukuran atau banyaknya data yang terakumulasi dan dapat diakses dari suatu tempat ke tempat lain menyesuaikan kebutuhan pengguna media pertukaran informasi. Bandwidth dapat dipergunakan sebagai pengukur aliran data yang berupa analog maupun digital[16]. Bandwidth juga merupakan banyaknya satuan data dalam bits per second yang dapat ditransmisikan dalam satuan waktu[5]. Dengan kata lain bandwidth dapat dikatakan sebagai besaran yang menunjukkan banyaknya data atau informasi yang dilewatkan pada koneksi di dalam sebuah jaringan. Bisa disebut juga bandwidth merupakan lebar pita atau kapasitas dalam sebuah saluran informasi yaitu kemampuan maksimalnya kemampuan dari sebuah alat untuk memproses atau mengirim suatu paket dalam satuan waktu second.

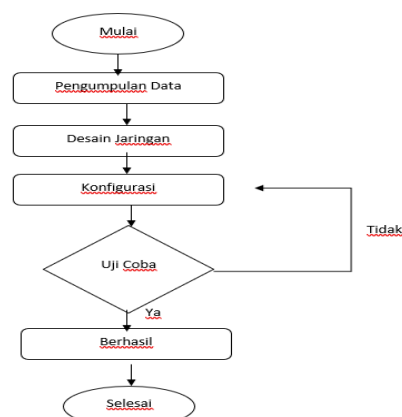
Management merupakan sebuah proses penggunaan sumber daya secara efektif dan efisien dalam mencapai sasaran yang telah ditetapkan. Jadi pada dasarnya bandwidth management merupakan pengalokasian bandwidth dalam mendukung berbagai kebutuhan dan keperluan di suatu jaringan. Management bandwidth memberikan kemampuan untuk mengatur layanan disesuaikan dengan prioritas dari porsi permintaan.

Limitasi bandwidth dengan penggunaan mikrotik router merupakan salah satu cara yang cukup mudah serta efisien dalam pembagian bandwidthnya yang dapat digunakan oleh setiap penyedia internet[17]. Lalu pada tahun 2013 dilakukan penelitian yang menyatakan bahwa bandwidth juga merupakan suatu bentuk ukuran rentang frekuensi maksimum yang bisa mengalir dalam satuan waktu tertentu dengan besaran data yang melewati sebuah jaringan[18]. Dengan demikian maka bandwidth manajemen adalah sebuah cara dalam mengatur atau mengkonfigurasi suatu bandwidth agar terjadi pemerataan dalam pengiriman paket bandwidth di dalam sebuah jaringan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Flowchart

Setelah melalui tahapan-tahapan rancang bangun jaringan telah dilalui selanjutnya tahapan berikutnya dilakukan adalah membuat diagram alur yang menyajikan bagaimana suatu proses dilakukan dengan adanya *flowchart* juga



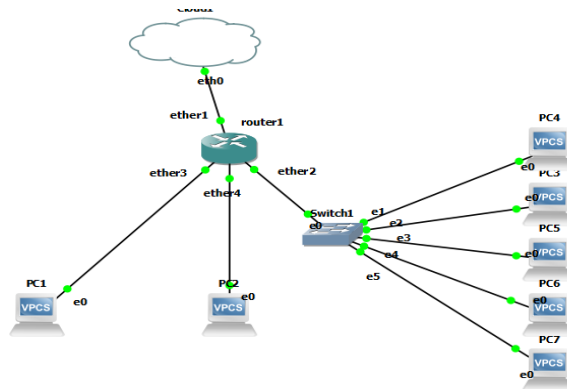
Gambar. 3. Flowchart Perancangan Jaringan

itu bisa membantu kita membaca bagaimana sebuah proses seharusnya terjadi. Seperti yang terlihat pada gambar.3 yang menggambarkan sebuah *flowchart* dari suatu perancangan jaringan.

B. Struktur Jaringan

Setelah mengetahui apa saja yang diperlukan dan tahapan apa saja yang harus dilakukan penulis mulai merancang sebuah jaringan yang terdiri dari 1 router mikrotik, 7 PC, dan 1 switch sebagaimana seperti pada gambar 4.

Pada gambar 4. disini penulis membuat konsep jaringan dengan topologi star dimana router1 sebagai pusat perputaran data. Dan terdapat satu switch core sebagai penghubung PC4 sampai PC7 dengan penerapan konfigurasi



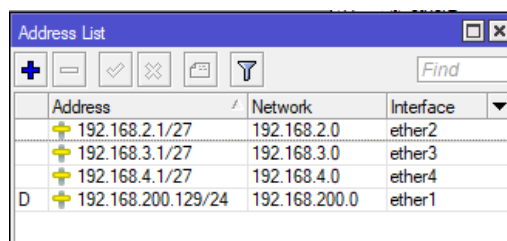
Gambar. 4. Rangkaian Struktur Jaringan

perangkat jaringan menggunakan DHCP client pada router.

1) Address List

Pada gambar 5. Terdapat beberapa IP Address yang terdaftar pada jaringan. IP Address tersebut juga merupakan IP yang terpasang pada ether yang digunakan untuk membangun sebuah jaringan dimana ether 1 merupakan IP yang tersedia oleh ISP dan terhubung dengan ether lainnya yaitu ether 2, ether 3 dan ether 4.

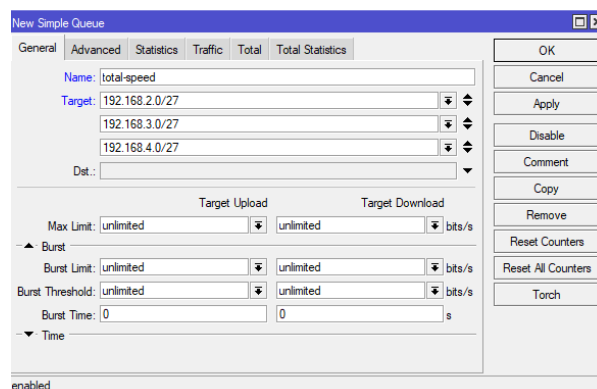
2) Konfigurasi Queue



Address	Network	Interface
192.168.2.1/27	192.168.2.0	ether2
192.168.3.1/27	192.168.3.0	ether3
192.168.4.1/27	192.168.4.0	ether4
192.168.200.129/24	192.168.200.0	ether1

Gambar. 5. Address List

Gambar 6. Merupakan konfigurasi untuk kelas parent dengan target sesuai dengan ip client yang ada pada jaringan tersebut. Pada metode HTB kelas parent hanya memerlukan max limit dan limit at saja

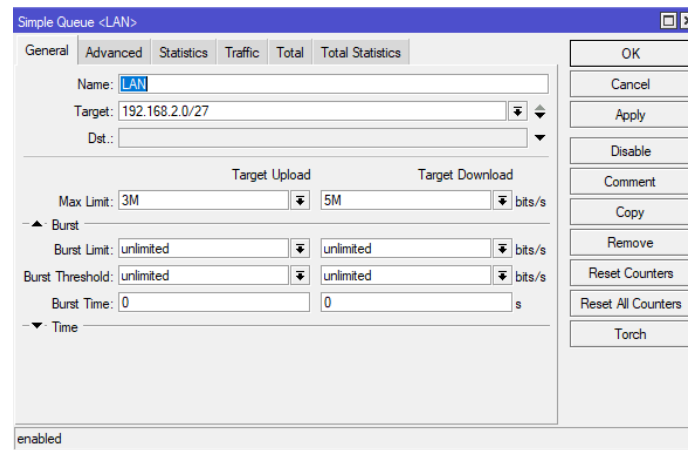


Gambar. 6. Konfigurasi kelas Parent

dan max limit parent harus berjumlah lebih besar dari akumulasi max limit. Sehingga pembagian bandwidth dari router dapat bekerja dengan baik.

3) Konfigurasi kelas child

Pada gambar 7 dilakukan konfigurasi untuk kelas child untuk jendela general dimana kita memilih sasaran ip yang akan dijadikan child dari parent yang sebelumnya dibuat dan menentukan max limit yang

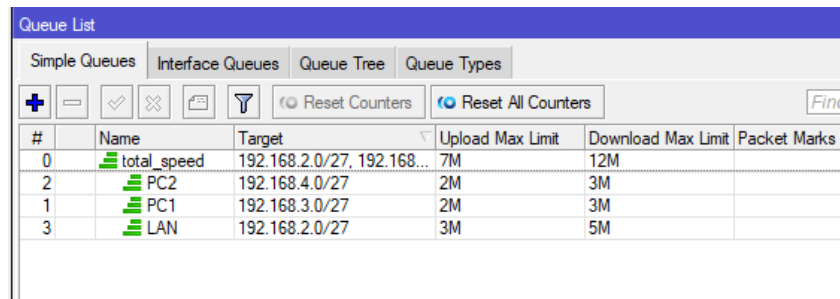


Gambar. 7. Konfigurasi Kelas Child

tidak melebihi dari kelas parent.

4) Tampilan queue

Berikut adalah queue list yang telah dibuat dengan total_speed sebagai parent dan PC1, PC2 dan LAN sebagai kelas child. Seperti yang terlihat pada gambar 8. Total_speed memiliki max limit lebih besar dari



#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit	Packet Marks
0	total_speed	192.168.2.0/27, 192.168.3.0/27	7M	12M	
2	PC2	192.168.4.0/27	2M	3M	
1	PC1	192.168.3.0/27	2M	3M	
3	LAN	192.168.2.0/27	3M	5M	

Gambar. 8. Tampilan Queue

pada akumulasi max limit yang dimiliki oleh PC1, PC2 dan LAN hal ini dikarenakan total_speed berperan sebagai kelas *parent* dimana kelas tersebut akan membagi bandwidth yang dimilikinya dan dibagi rata ke dalam kelas *child*.

C. Hasil Pengujian

Pengujian kali ini dilakukan dalam kondisi seluruh client aktif dan pengujian dilakukan pada IP address yang terdapat pada setiap ether yang terhubung dengan IP pusat.

1) Pengujian pada ether2

Pada ether2 dilakukan pengujian speedtest dengan alamat IP 192.168.2.1 mendapatkan bandwidth download 3.03Mbps dan upload 2.13Mbps kondisi didapat karena semua client yang terhubung pada ether2

```
[admin@MikroTik] > /tool speed-test address=192.168.2.1 user=admin
status: done
time-remaining: 0s
ping-min-avg-max: 54us / 8.97ms / 840ms
jitter-min-avg-max: 0s / 4.58ms / 813ms
loss: 7% (14/200)
tcp-download: 2.27Mbps local-cpu-load:1%
tcp-upload: 2.13Mbps local-cpu-load:1% remote-cpu-load:0%
udp-download: 3.03Mbps local-cpu-load:1% remote-cpu-load:0%
```

Gambar. 9. Speed-Test Pada Ether2

dalam keadaan aktif sehingga proses upload-download akan dibatasi sesuai dengan bandwidth yang tersedia pada parent.

2) Pengujian pada ether3

Pada ether3 kembali dilakukan pengujian dengan alamat IP 192.168.3.1 sesuai dengan max limit yang dimiliki parent yang membatasi upload-download dari jumlah keseluruhan client yang aktif maka pada

```
[admin@MikroTik] > /tool speed-test address=192.168.3.1 user=admin
status: done
time-remaining: 0s
ping-min-avg-max: 40us / 83us / 437us
jitter-min-avg-max: 0s / 25us / 366us
loss: 7.5% (15/200)
tcp-download: 1.66Mbps local-cpu-load:1%
tcp-upload: 1.27Mbps local-cpu-load:1% remote-cpu-load:2%
udp-download: 2.04Mbps local-cpu-load:1%
```

Gambar. 10. Speed-Test Pada Ether3

alamat ether3 akan mendapatkan proses upload 1.27Mbps sedangkan download 2.04Mbps.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan penggunaan Hierarchical Token Bucket pada Queue dapat memudahkan pemerataan bandwidth sesuai dengan kebutuhan serta control delay dan packet loss yang ada pada client dalam sebuah jaringan. Tentu saja ini menjadi bukti bagaimana pengujian dari beberapa ether dalam jaringan tersebut dimana dari 200 paket yang terkirim terdapat packet loss yang mencapai 7%.

Dengan kondisi client yang aktif pada jaringan maka limitasi bandwidth menggunakan metode Hierarchical Token Bucket ini juga dapat mengalokasikan bandwidth sesuai konfigurasi pada kelas child dengan ketentuan tidak melewati dari bandwidth yang diberikan oleh kelas parent.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Riadi, W. P. Wicaksono, P. Studi, S. Informasi, and U. A. Dahlan, "Implementasi Quality of Service Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Landasan Teori," *JUSI Vol. 1, No. 2 Sept. 2011*, vol. 1, no. 2, pp. 93–104, 2011.
- [2] A. Diyanto and N. H. Haekal, "PENERAPAN MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN HIERARCHICAL TOKEN BUCKET PADA MIKROTIK ROUTER OS,"
- [3] H. Yunita, P., Irfan, M., "Sistem kontrol server untuk optimasi pembagian bandwidth jaringan menggunakan metode htb (Hierarchical Token Bucket)," *J. Politika*, 2012.
- [4] H. Gunawan, "Implementasi Manajemen Bandwidth pada Provider Internet dalam Peningkatan QoS," pp. 72–79, 2011.
- [5] A. Wahyu Azinar and R. Sapta Adi, "Analisis QoS (Quality of Service) pada Warnet dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket)," *J. Ilm. Nero*, vol. 3, no. 1, pp. 45–52, 2017.
- [6] A. Nurdianto, "STUDI KOMPARI MANAJEMEN BANDWIDTH ANTARA METODE HIRARCHICAL TOKEN BUCKET (HTB) DAN PEER CONNECTION QUEUE (PCQ)," vol. 1, pp. 487–497, 2020.
- [7] M. I. Ichwan, L. Sugiyanta, and P. W. Yunanto, "Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22 Avalaiaable at : Avalaiaable at :," *J. pinter*, vol. 3, no. 2, pp. 122–126, 2019.
- [8] E. Manalu, D. Arisandi, and Sukri, "Analisa Management Bandwidth Dengan Metode Antrian Hirarchical Token Bucket," *Pros. 2th Celscitech-UMRI 2017*, vol. 2, no. 1, pp. 10–17, 2017.
- [9] A. I. Wijaya, "MANAJEMEN BANNDWITH DENGAN METODE HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET) PADA SEKOLAH MENENGAH PERTAMA NEGERI 5 SEMARANG," *Tek. Inform. Udinus*, vol. 2, 2015.
- [10] V. J.L., "A. HIERARCHICAL TOKEN BUCKET ALGORITHM TO ENHANCE QOS," *Polytech. Univ. Calif.*, vol. 2, no. 802.11, 2003.
- [11] I. F. Martadiredja, "ANALISI MANAJEMEN BANDWITH PADA PC ROUTER MENGGUNAKAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET DI PD MEDELLIN JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA," vol. 3, 2015.
- [12] D. A. Gabriel, D. & Potorac, "Linux HTB queuing discipline implementations. First International Conference on Networked Digital Technologies," no. pp.122-126., 2009.
- [13] Y. Arifin, "Implementasi Quality Of Service Dengan Metode Htb (Hierarchical Token Bucket) Pada PT.Komunika Lima Duabelas," *J. Elektro Ilmu Komun.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–7, 2012.
- [14] H. T. B. Pada, S. Operasi, M. Nugraha, and S. N. Utama, "Implementasi Manajemen Bandwidth Dengan Disiplin Antrian Hierarchical Token Bucket," vol. 8, no. 2, pp. 67–72, 2016.
- [15] X. Bobanto, W. S., Lumenta, A. S. M., Najoan, "Analisis Kualitas Layanan Jaringan Internet (Studi Kasus PT. Kawanua Internetindo Manado)," *e-journal Tek. Elektro Dan Komput.*, vol. 4, no. No. 1, pp. 80–87, 2015.
- [16] T. Akbar, "Implementasi Manajemen Bandwidth Router Mikrotik Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (Htb) Di Smk Bina Mandiri," *Fak. Tek. Univ. Negeri Jakarta*, no. Pengembangan Alat peraga Matematika Untuk Meningkatkan Minat dan Motivasi Belajar siswa Sekolah Dasar, pp. 33–34, 2018.
- [17] R. A. Sukmaaji, *Jaringan Komputer : Konsep Dasar Pengembangan Jaringan Dan Keamanan Jaringan*. Yogyakarta., 2008.
- [18] M. Rofiq, "Perancangan Manajemen Bandwidth Internet Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," *Naskah J. JIITKA*, vol. 7, no. 1, 2013, [Online]. Available: http://lp3m.asia.ac.id/wp-%0Acontent/uploads/2013/06/Naskah-Jurnal-JIITKA- Vol7No1_STMIK_ASIA.pdf.