
EFISIENSI MANAJEMEN BANDWIDTH JARINGAN HOTSPOT MENGUNAKAN METODE HIERARCHICAL TOKEN BUCKET (HTB) (Studi Kasus LAN UNIVERSITAS KRISTEN IMMANUEL)

Lisa Niat Kartika Waruwu^{*1}, Antonius Bima Murti Wijaya²
PROGRAM STUDI STUDI INFORMATIKA FAKULTAS SAINS DAN KOMPUTER
UNIVERSITAS KRISTEN IMMANUEL YOGYAKARTA

Jl Solo Km 11.11 Yogyakarta, telp/fax : (0274) 496256

e-mail: lisa-waruwu@studen.ukrimuniversity.ac.id^{*1}, bimamurti@ukrimuniversity.ac.id²

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini sudah menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Internet adalah salah satu jaringan komunikasi yang menghubungkan satu media elektronik dengan media lainnya. Salah satu fasilitas yang banyak kita temui di instansi baik itu perusahaan, cafe, sekolah bahkan kampus adalah jaringan hotspot. Jaringan hotspot merupakan sebuah area dimana telah terkoneksi internet tanpa kabel sehingga dapat diakses oleh seluruh user melalui perangkat yang mendukung layanan tersebut. Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan aplikasi yang berfungsi untuk mengatur pembagian bandwidth secara hirarki yang dibagi-bagi kedalam kelas sehingga mempermudah pengaturan bandwidth. Metode ini dapat menstabilkan pembagian jumlah bandwidth. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui, merancang serta mengimplementasikan modelisasi efisiensi manajemen bandwidth jaringan hotspot pada studi kasus Universitas Kristen Immanuel. Analisis masalah dan pengumpulan data didapatkan melalui observasi langsung di tempat studi kasus. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan didapatkan hasil bahwa manajemen bandwidth dengan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dapat mengatur pembagian bandwidth setiap user sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, dapat memberikan burst atau bonus bandwidth jika masih ada kepada user yang membutuhkan. Pembagian bandwidth dengan HTB efektif diterapkan untuk pembatasan aktivitas kecepatan download maupun upload sehingga pemakaian internet setiap user merata dan tidak saling berebutan.

Kata kunci: Jaringan hotspot, Bandwidth, Manajemen bandwidth, Hierarchical Token Bucket.

Abstract

The development of technology today has become a very important need for humans. The Internet is one communication network that connects one electronic media with another. One of the facilities that many of us encounter in agencies be it companies, cafes, schools and even campuses is a network of hotspots. Hotspot network is an area where the internet has been connected without wires so that it can be accessed by all users through devices that support the service. Hierarchical Token Bucket (HTB) is an application that servers to manage bandwidth sharing in a hierarchy that is divided into classes, making it easier to manage bandwidth. This method can stabilize the division of the amount of bandwidth. The purpose of this study is to know, desing and implement the modelization of hotspot network bandwidth management efficiency in the case study of Immanuel Christian University. Problem analysis and data collection are obtained through direct observation at the case study site. Based on the results of the research, the results obtained that bandwidth management with Hierarchical Token Bucket (HTB) method can manage the bandwidth sharing of each user according to the needs. In addition, it can provide burst or bonus bandwidth if it is still there to users in need. Bandwidth sharing with HTB is effectively applied to limit the activity of download and upload speeds so that the internet usage of each user is evenly distributed and does not scramble with each other.

Keywords: Network hotspot, Bandwidth, Bandwidth Management, Hierarchical Token Bucket.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi internet saat ini sudah menjadi sebuah kebutuhan yang sangat penting bagi manusia. Hampir semua informasi dunia dapat diakses dengan internet sehingga kita tidak perlu kesusahan dalam mencari informasi baik dalam negeri maupun luar negeri. Internet adalah salah satu jaringan komunikasi yang menghubungkan satu media elektronik dengan media lainnya. Ketersediaan internet yang stabil memiliki banyak keuntungan dalam meningkatkan produktivitas pekerjaan dari masing-masing instansi. Oleh karena itu, setiap instansi seperti perusahaan menyediakan fasilitas internet untuk mendukung proses pekerjaan.

Salah satu fasilitas internet yang banyak kita temui di instansi baik itu perusahaan, *cafe*, sekolah bahkan kampus adalah jaringan hotspot. Jaringan hotspot merupakan sebuah area dimana telah terkoneksi internet tanpa kabel sehingga dapat diakses oleh seluruh user melalui perangkat yang mendukung layanan tersebut. Kelebihan dari hotspot adalah dapat mengkonfigurasi jaringan yang hanya bisa digunakan dengan *clientname* dan *password* tertentu tanpa kabel jaringan serta dapat melakukan manajemen terhadap *client-client* yang terkoneksi pada jaringan hotspot.

Jaringan hotspot di Universitas Kristen Immanuel tidak selalu memberikan akses internet yang baik, terkadang sering terjadi *trouble* karena alasan koneksi lambat sehingga menimbulkan komplain oleh *client*. Koneksi internet yang buruk memberikan kesulitan bagi para mahasiswa untuk menggunakan fasilitas jaringan hotspot yang telah disediakan oleh kampus. Hal ini disebabkan oleh, *bandwidth* yang belum dibatasi untuk setiap *client*. Sehingga kecepatan akses internet setiap *client* ketika melakukan *download* dan *upload* tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pihak kampus. Solusi dari masalah seperti ini adalah manajemen *bandwidth*.

Salah satu metode yang bisa menstabilkan pembagian jumlah *bandwidth* adalah metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). *Hierarchical Token Bucket* (HTB) merupakan aplikasi yang berfungsi untuk mengatur pembagian *bandwidth* secara hirarki yang dibagi-bagi kedalam kelas sehingga mempermudah pengaturan *bandwidth*. Pembuatan hirarki bisa untuk memisahkan *traffic* berdasarkan IP *address client* atau aplikasi dengan cara mengkonfigurasi pada packet marks yang disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi. Teknik antrian *Hierarchical Token Bucket* (HTB) pada routerOS, ada dua macam limitasi atau disebut juga limit secara bertahap. Pertama CIR (*Committed Information Rate*), pada saat keadaan terburuk selama *bandwidth* masih ada maka *client* akan tetap mendapatkan *bandwidth* sebesar *limit at*. Kedua MIR (*Maximal Information Rate*), *client* bisa mendapatkan *bandwidth* sebesar *max-limit* jika memang masih ada *bandwidth* yang tersedia. Sehingga pembagian *bandwidth* setiap *client* dapat merata.

2. METODE PENELITIAN

2.1.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara yaitu penulis melakukan tanya jawab secara lisan dengan pengurus Laboratorium PUSKOM UKRIM mengenai hal-hal yang berkaitan dengan topik permasalahan.

2.1.2 Studi Kepustakaan

Studi pustaka dilakukan guna mendapatkan data atau informasi yang berhubungan dengan masalah yang dijadikan obyek penelitian. Pengumpulan data dan informasi berasal dari jurnal, buku maupun penelitian informatika.

2.1.3 Perancangan Jaringan

Pada langkah ini peneliti melakukan rancangan skema sistem jaringan manajemen bandwidth jaringan hotspot dengan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) serta melakukan instalasi *software* untuk konfigurasi pada router mikrotik dan komputer *server*. Adapun *software* yang akan di instal yaitu winbox 3.19.

2.1.4 Implementasi

Tahap ini merupakan tahap melakukan setting konfigurasi manajemen bandwidth jaringan hotspot dengan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) menggunakan winbox.

2.1.5 Pengujian

Tahap ini bertujuan untuk melihat pengaruh dari sistem manajemen bandwidth jaringan hotspot yang telah dibuat dalam melakukan komunikasi data. Pengujian dilakukan terhadap konektivitas yang dipakai apakah dapat terkoneksi atau tidak.

2.1.6 Dokumentasi

Pada tahap ini dilakukan dokumentasi terhadap proses input dan output berdasarkan paket data sistem supaya memudahkan apabila nanti sistem ini akan dikembangkan lagi.

2.2 Analisis Kebutuhan Perancangan

Kebutuhan pendukung infrastruktur yang akan digunakan pada lokasi penelitian yakni beberapa perangkat keras dan perangkat lunak untuk mendukung implementasi manajemen bandwidth jaringan hotspot dengan metode HTB (*Hierarchical Token Bucket*), kebutuhan tersebut sebagai berikut:

2.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras adalah sebagai ditunjukkan pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Kebutuhan Perangkat Keras

Hardware	Jumlah	Type	Spesifikasi
Komputer Server	2	Lenovo	AMD A9-9425 RADEON R5, 5 COMPUTER CORES 2C+3G 3.10 GHz 1000 GB HDD 4 GB RAM
Komputer Client	4	Lenovo	Intel(R) Celeron(R) N4020 CPU @ 1.10GHz 1.10GHz 1000 SSD 4 GB RAM
Handphone Client	1	Vivo Y30	128mb internal
Router	3	RB 941-2nD	4 Fast Ethernet interface
Kabel	6	UTP	Cat5 Transmisi 100 Mbps

2.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak

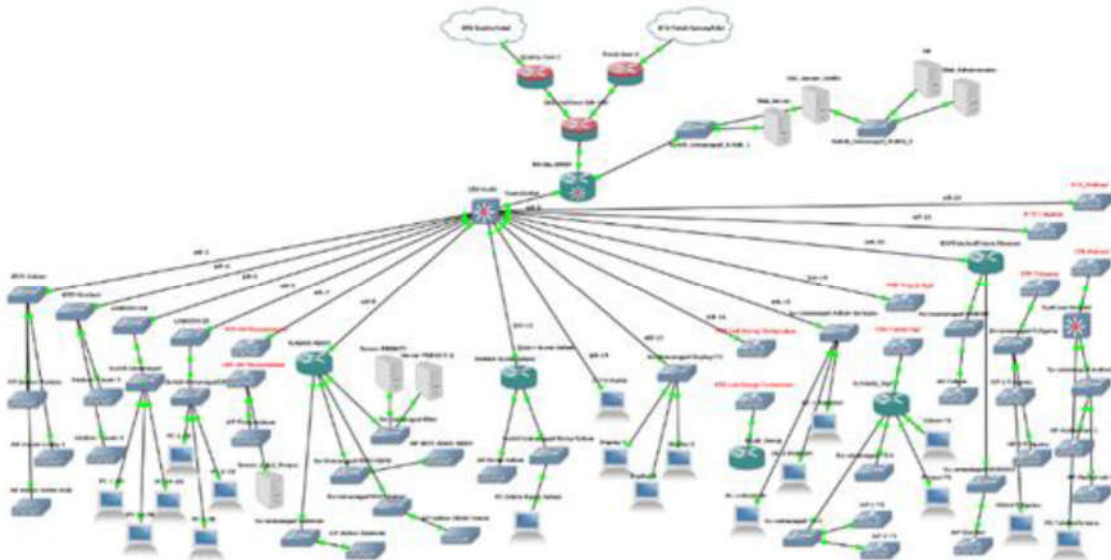
Kebutuhan perangkat lunak adalah sebagai ditunjukkan pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Kebutuhan Perangkat Lunak

Software	Keterangan
Windows 10	OS komputer server dan client
Winbox 3.19	Remote router mikrotik
Speed test	Tes kecepatan internet

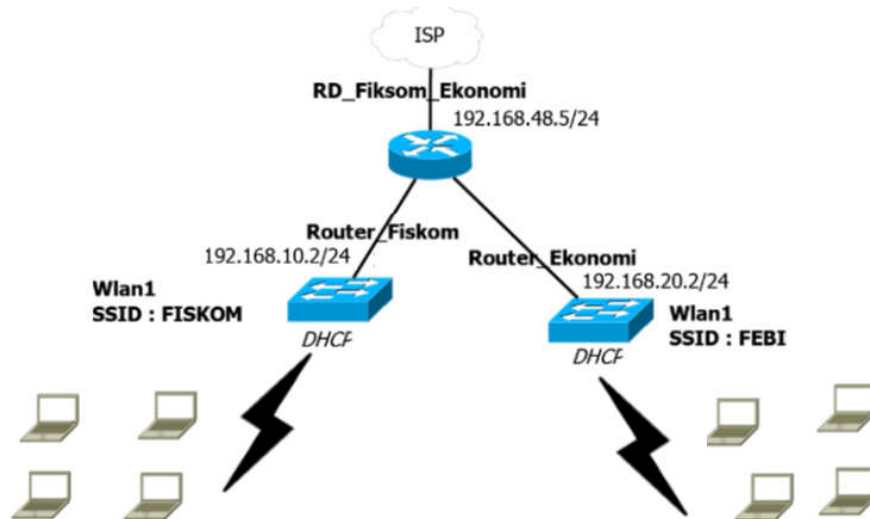
2.3 Desain System Jaringan

Desain topologi jaringan, menggunakan topologi nyata dari studi kasus yaitu topologi *tree*. Topologi studi kasus UKRIM ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Desain Topologi Jaringan UKRIM

Pada Gambar 3.2, merupakan desain topologi Fiskom dan febis yang sudah diperbesar atau diperjelas dari topologi ukrim. Topologi Fiskom dan Febis terdiri dari *Internet Service Provider* (ISP), 1 buah router distribusi, 2 buah router khusus jaringan hotspot Fiskom dan Febis, 8 buah laptop sebagai client yang akan diteliti bandiwdthnya. Router distribusi berfungsi sebagai jembatan jaringan atau menyalurkan jaringan ke router fiskom dan febis sebagai sumber gateway (internet). Sedangkan router Fiskom dan Febis membentuk jaringan hotspot memiliki halaman login, username serta password. Pada dasarnya, client yang akan login adalah dosen dan mahasiswa yang bersal dari fakultas Fiskom dan Febis.



Gambar 3. 2 Desain Topologi Jaringan Fiskom dan Febis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahapan Proses Pengujian

Tahapan proses pengujian akan dilakukan secara bertahap setelah konfigurasi semua telah diimplementasikan pada setiap router.

3.1.1 Pengujian Hasil Test Koneksi Internet

Test koneksi internet akan dilakukan pada semua router dengan cara melakukan ping ke DNS Google, yaitu 8.8.8.8, ping www.google.com dan www.youtube.com. Hasil test ping pada ketiga router tidak ada yang mendapat respon *timeout*. Dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3.

```
[admin@Router_Distribusi] > ping 8.8.8.8
SEQ HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
0 8.8.8.8                56 116 26ms
1 8.8.8.8                56 116 27ms
sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=26ms avg-rtt=26ms max-rtt=27ms

[admin@Router_Distribusi] > ping www.google.com
SEQ HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
0 172.217.194.103       56 106 26ms
sent=1 received=1 packet-loss=0% min-rtt=26ms avg-rtt=26ms max-rtt=26ms

[admin@Router_Distribusi] > ping www.youtube.com
SEQ HOST                SIZE TTL TIME  STATUS
0 142.251.12.190        56 108 26ms
1 142.251.12.190        56 108 25ms
sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=25ms avg-rtt=25ms max-rtt=26ms

[admin@Router_Distribusi] >
```

Gambar 4. 1 Test Koneksi Internet Router Distribusi

```

[admin@Router_Fiksom] > ping 8.8.8.8
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 8.8.8.8                                56 115 28ms
  1 8.8.8.8                                56 115 27ms
  sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=27ms avg-rtt=27ms max-rtt=28ms

[admin@Router_Fiksom] > ping www.google.com
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 142.250.4.147                          56 105 24ms
  1 142.250.4.147                          56 105 24ms
  2 142.250.4.147                          56 105 24ms
  sent=3 received=3 packet-loss=0% min-rtt=24ms avg-rtt=24ms max-rtt=24ms

[admin@Router_Fiksom] > ping www.youtube.com
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 74.125.24.190                          56 104 26ms
  1 74.125.24.190                          56 104 26ms
  sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=26ms avg-rtt=26ms max-rtt=26ms

[admin@Router_Fiksom] > █

```

Gambar 4. 2 Test Koneksi Internet Router Fiskom

```

[admin@Router_Febis] > ping 8.8.8.8
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 8.8.8.8                                56 115 28ms
  1 8.8.8.8                                56 115 27ms
  sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=27ms avg-rtt=27ms max-rtt=28ms

[admin@Router_Febis] > ping www.google.com
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 216.239.38.120                          56 114 26ms
  1 216.239.38.120                          56 114 25ms
  sent=2 received=2 packet-loss=0% min-rtt=25ms avg-rtt=25ms max-rtt=26ms

[admin@Router_Febis] > ping www.youtube.com
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 74.125.68.190                          56 105 24ms
  1 74.125.68.190                          56 105 24ms
  2 74.125.68.190                          56 105 24ms
  sent=3 received=3 packet-loss=0% min-rtt=24ms avg-rtt=24ms max-rtt=24ms
-

```

Gambar 4. 3 Test Koneksi Internet Router Febis

3.1.2 Hasil Pengujian Metode HTB (Hierarchical Token Bucket)

Pengujian implementasi metode HTB (Hierarchical Token Bucket) dilakukan pada 2 jaringan hotspot, yaitu jaringan hotspot fiskom dan jaringan hotspot febis.

1. Hasil Pengujian Metode HTB pada Hotspot Fiskom

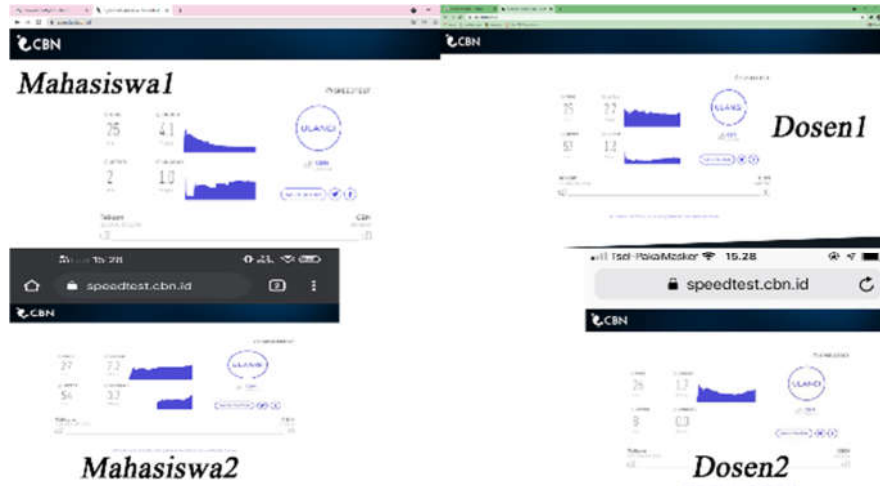
Tahapan pengujian HTB dilakukan pada jaringan hotspot fiksom untuk dapat mengenali koneksi dari kegiatan upload dan download setiap user. HTB memungkinkan kita untuk membuat *queue* (antrian) menjadi lebih terstruktur serta mengatur pembagian *bandwidth* secara maksimal. Queue/antrian yang digunakan adalah *Queue Tree*.

Pengujian yang dilakukan berfungsi untuk mengetahui kondisi *bandwidth* setiap *user* sebelum dan sesudah menggunakan metode HTB ini. Hasil dari Pengimplementasian manajemen *bandwidth* jaringan hotspot dengan metode HTB yaitu dapat membatasi kegiatan *download* dan *upload* setiap perangkat untuk masing-masing user. Selain itu, dapat mengutamakan pembagian *bandwidth* secara maksimal untuk masing-masing user. Misalnya, jika ada 10 *user* yang login di jaringan hotspot Fiksom dan Febis serta telah disediakan

bandwidth sebesar 10Mbps maka masing-masing user mendapatkan 1Mbps. Pengujian dilakukan pada 4 laptop dari *user* terdiri dari 2 laptop Dosen dan 2 laptop Mahasiswa.

a. Jaringan Hotspot Fiskom tanpa Metode HTB

Pengujian pertama yang akan dilakukan adalah melakukan tes koneksi internet menggunakan speedtest untuk mengetahui kondisi pemakaian bandwidth masing-masing user sebelum diterapkannya metode Hierarchical Token Bucket (HTB), dapat dilihat pada Gambar 4.16.

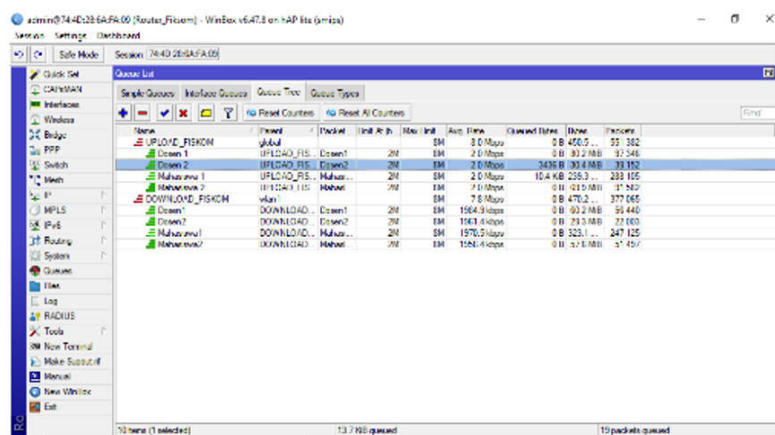


Gambar 4. 16 Tanpa Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)

Pada Gambar 4.16 dijelaskan bahwa sebelum menggunakan metode HTB, empat user yang login pada jaringan hotspot fiskom menggunakan bandwidth secara berlebihan dan tidak teratur. Bahkan ada user hampir keseluruhan menggunakan bandwidth dengan batas yang tidak wajar.

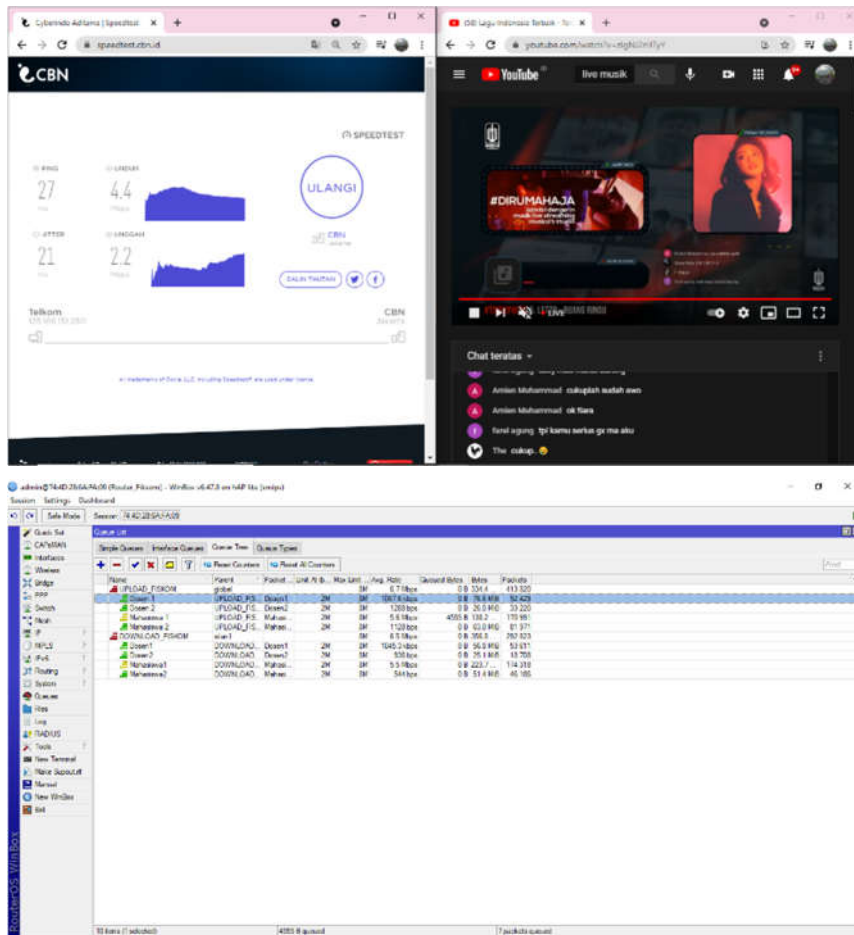
b. Jaringan Hotspot Fiskom dengan Metode HTB

Pengujian pertama, masing-masing user baik mahasiswa dan dosen mendapatkan *Limit-at* sebesar 2Mbps dan *Max-Limit* sebesar 8Mbps. Pada waktu yang sama keempat user membuka youtube secara bersama-sama, sehingga pada saat melakukan tes kecepatan internet, keempat user menggunakan *bandwidth* tidak lebih dari *max-limit* atau dengan kata lain, pada saat keadaan terburuk selama *bandwidth* masih ada maka user akan tetap mendapatkan *bandwidth* sebesar *limit-at*. Dapat dilihat pada gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Kondisi User Mendapatkan Bandwidth Sebesar Limit-at

Pengujian kedua, masing-masing user baik mahasiswa maupun dosen tetap mendapatkan Limit-at sebesar 2Mbps dan Max-Limit sebesar 8Mbps. Akan tetapi kondisi ini, hanya ada satu user browsing lebih besar seperti menggunakan youtube, facebook dan instagram. Tiga user lainnya browsing google dengan kapasitas kecil. Sehingga pada saat melakukan tes kecepatan internet, user dengan nama Mahasiswa1 menggunakan client lebih dari Limit-at yang sudah diatur dan ketiga user lainnya menggunakan kurang dari/sama dengan Limit-at. Kondisi seperti ini dapat terjadi karena selama masih ada sisa bandwidth, maka client akanmendapatkan bandwidth sebesar Max-limit. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Kondisi User Mendapatkan Bandwidth Sebesar Max-Limit

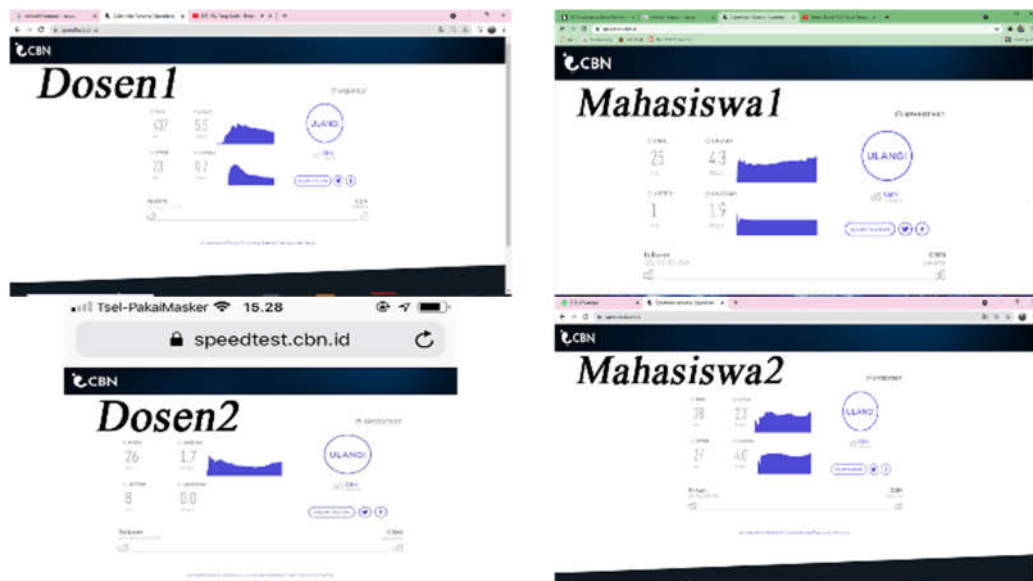
2. Hasil Pengujian Metode HTB pada Hotspot Febis

Tahapan pengujian metode HTB pada jaringan hotspot febis nantinya akan sama dengan tahapan pengujian HTB yang dilakukan pada jaringan hotspot fiksom untuk dapat mengenali koneksi dari kegiatan upload dan download setiap user. HTB memungkinkan kita untuk membuat queue (antrian) menjadi lebih terstruktur serta mengatur pembagian bandwidth secara maksimal. Queue/antrian yang digunakan adalah Queue Tree.

Pengujian yang dilakukan juga berfungsi untuk mengetahui kondisi bandwidth setiap user sebelum dan sesudah menggunakan metode HTB ini. Hasil dari Pengimplementasian manajemen bandwidth jaringan hotspot dengan metode HTB yaitu dapat membatasi kegiatan download dan upload setiap perangkat untuk masing-masing user. Selain itu, dapat

mengutamakan pembagian bandwidth secara maksimal untuk masing-masing user. Misalnya, jika ada 10 user yang login di jaringan hotspot Fiksom dan Febis serta telah disediakan bandwidth sebesar 10Mbps maka masing-masing user mendapatkan 1Mbps. Pengujian dilakukan pada 4 laptop dari user terdiri dari 2 laptop Dosen dan 2 laptop Mahasiswa. Jaringan Hotspot Febis tanpa Metode HTB

Pengujian pertama yang akan dilakukan adalah melakukan tes koneksi internet menggunakan speedtest untuk mengetahui kondisi pemakaian bandwidth masing-masing user sebelum diterapkannya metode Hierarchical Token Bucket (HTB), dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Tanpa Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)

Pada Gambar 4.19 dijelaskan bahwa sebelum menggunakan metode HTB, empat user yang login pada jaringan hotspot febis menggunakan bandwidth yang tidak teratur, bahkan ada user hampir keseluruhan menggunakan bandwidth.

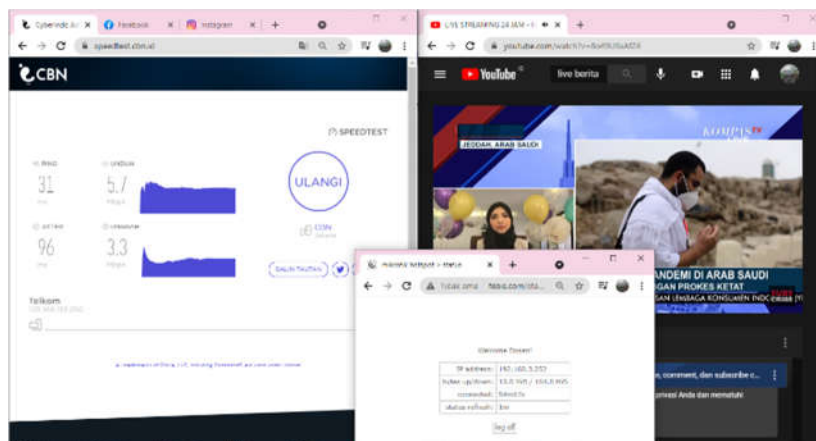
a. Jaringan Hotspot Febis dengan Metode HTB

Pengujian pertama, masing-masing user baik mahasiswa dan dosen mendapatkan *Limit-at* sebesar 2Mbps dan *Max-Limit* sebesar 8Mbps. Pada waktu yang sama keempat user membuka youtube secara bersama-sama, sehingga pada saat melakukan tes kecepatan internet, keempat user menggunakan *bandwidth* tidak lebih dari *max-limit* atau dengan kata lain, pada saat keadaan terburuk selama *bandwidth* masih ada maka user akan tetap mendapatkan *bandwidth* sebesar *limit-at*. Dapat dilihat pada gambar 4.20.

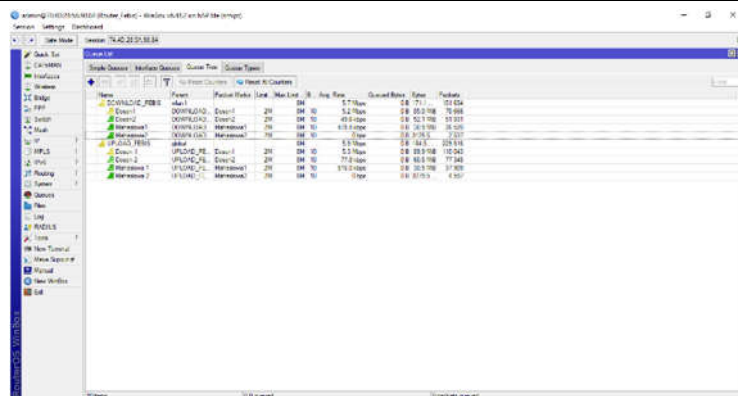
Queue	Profile	Parent	Packet Match	Limit	Max Limit	B.	Avg. Rate	Queue Size	Rate	Priority
Download	Download	Download	Download	2M	8M	0	0	0	0	0
Download	Download	Download	Download	2M	8M	0	0	0	0	0
Download	Download	Download	Download	2M	8M	0	0	0	0	0
Download	Download	Download	Download	2M	8M	0	0	0	0	0
Upload	Upload	Upload	Upload	2M	8M	0	0	0	0	0
Upload	Upload	Upload	Upload	2M	8M	0	0	0	0	0
Upload	Upload	Upload	Upload	2M	8M	0	0	0	0	0
Upload	Upload	Upload	Upload	2M	8M	0	0	0	0	0

Gambar 4. 20 Kondisi User Mendapatkan Bandwidth Sebesar Limit-at

Pengujian kedua, masing-masing user baik mahasiswa maupun dosen tetap mendapatkan Limit-at sebesar 2Mbps dan Max-Limit sebesar 8Mbps. Akan tetapi kondisi ini, hanya ada satu user browsing lebih besar seperti menggunakan youtube, facebook dan instagram. Tiga user lainnya browsing google dengan kapasitas kecil. Sehingga pada saat melakukan tes kecepatan internet, user dengan nama Mahasiswa1 menggunakan client lebih dari Limit-at yang sudah diatur dan ketiga user lainnya menggunakan kurang dari/sama dengan Limit-at. Kondisi seperti ini dapat terjadi karena selama masih ada sisa bandwidth, maka client akan mendapatkan bandwidth sebesar Max-limit. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21A. Kondisi User Mendapatkan Bandwidth Sebesar Max-Limit



Gambar 4. 21B. Kondisi User Mendapatkan Bandwidth Sebesar Max-Limit

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa: Modelisasi efisiensi manajemen bandwidth jaringan hotspot menggunakan metode HTB (Hierarchical Token Bucket) dapat mengatur pembagian bandwidth setiap user sesuai dengan kebutuhan. Selain itu, metode HTB dapat memberikan burst atau bonus bandwidth jika masih ada kepada user yang membutuhkan. Pembagian *bandwidth* dengan metode HTB juga efektif diterapkan untuk pembatasan aktivitas kecepatan maupun upload sehingga pemakaian internet setiap user merata dan tidak saling berebutan

5. SARAN

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis memberikan saran perbaikan penelitian sebagai berikut: Penelitian ini dilakukan dengan berbagai keterbatasan, diharapkan pada peneliti yang ingin melakukan penelitian serupa dapat menggunakan jumlah user dengan kapasitas yang besar untuk mendapatkan hasil pengujian yang akurat. Dapat diterapkan secara nyata pada jaringan studi kasus UKRIM pada penelitian berikutnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akbar Taufiq. 2017. Implementasi Manajemen *Bandwidth* Router Mikrotik Menggunakan Metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB) Di SMK Bina Mandiri. Skripsi: Universitas Negere Jakarta.
- [2] Fuad, Annur. 2020. Kumpulan Ilmu Jaringan. Yogyakarta: Annur Fuad.
- [3] Iwan Sofana. 2008. Membangun Jaringan Komputer. Bandung. Indonesia: Informatika.
- [4] Joefrie, Yuri Yudhaswana. 2013. Perancangan Program Simulasi Perintah Dasar Jaringan Komputer. Jurnal Ilmiah Foristek.
- [5] Krisianto, Andy. 2014. Panduan *cPanel Web Hosting*. Jakarta Pusat: Elex Media Komputindo.
- [6] Lukman, dkk. 2018. Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) di Farid.net. Jurnal: CITEC.
- [7] Madcoms. 2019. Panduan Lengkap Membangun Sistem Jaringan Komputer dengan Mikrotik RouterOS. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- [8] Mulyanta, Edi S. 2006. Pengenalan Protokol Jaringan *Wireless* Komputer. Yogyakarta:

Penerbit Andi.

- [9] Putri T.U, dkk. 2013. Analisis Infrastruktur Jaringan *Wireless Local Area Network* (WLAN) Pada PSTA Lapan Bandung. Universitas Bina Darma, Palembang.
- [10] Rico. 2015. Penerapan Metode Hierarchical Token Bucket Dalam Manajemen Bandwidth Pada SMK Veteran Jambi. Jurnal: Ilmiah Media Processor.
- [11] Ryan, Nathan Gusti. 2018. *Basic Computer Networking*. Surabaya: XP Solution Surabaya.
- [12] Sari, Ira Puspita., & Sukri. 2018. Analisis Penerapan Metode Antrian *Hierarchical Token Bucket* Untuk Management *Bandwidth* Jaringan Internet. Jurnal: Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi.
- [13] Syarizal, M. 2005. Pengantar Jaringan Komputer, STMIK AMIKOM. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [14] Wagito. 2005. Jaringan Komputer Teori dan Implementasi Berbasis Linus. Yogyakarta: Penerbit GAVA MEDIA.