

# Analisis Perbandingan Performa Download Pada Manajemen Bandwith Mikrotik Routerboard Menggunakan Metode *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB

Farhan Mohammad Al Aziz<sup>1</sup>, Agus Prihanto<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

<sup>1</sup>[farhan.19088@mhs.unesa.ac.id](mailto:farhan.19088@mhs.unesa.ac.id)

<sup>2</sup>[agusprihanto@unesa.ac.id](mailto:agusprihanto@unesa.ac.id)

**Abstrak**— Penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan teknologi jaringan pada MikroTik RouterBoard untuk meningkatkan manajemen bandwidth melalui metode *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB. Dengan pertumbuhan pesat pengguna internet, khususnya pada jaringan internet, optimalisasi jaringan komputer menjadi kunci peningkatan produktivitas. Fokus utama penelitian adalah analisis kualitas download jaringan yang diuji melalui simulasi VirtualBox dengan PC sebagai client. Tujuan penelitian mencakup implementasi dan analisis perbandingan kedua metode, dengan MikroTik RouterBoard sebagai platform. Manfaat penelitian mencakup pemahaman mendalam kelebihan dan kelemahan metode, kontrol bandwidth, dan pemahaman performa optimal.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Queue Tree* HTB lebih ada kepastian bandwidth yang diperoleh jika dibandingkan dengan metode *Simple Queue*, karena pada metode *Queue Tree* HTB dapat menggunakan priority sehingga bandwidth tidak berebut dan dapat disesuaikan dengan skenario Administrator Jaringan

**Kata Kunci**— MikroTik, bandwidth, *Simple Queue*, *Queue Tree* HTB, VirtualBox.

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan teknologi jaringan pada saat ini berkembang semakin pesat seiring dengan bertambahnya pengguna. Terutama pada jaringan internet yang mana jaringan internet pada era ini sudah sangat vital keberadaannya. Jaringan komputer merupakan sekelompok komputer yang menggunakan protokol komunikasi untuk dapat saling berkomunikasi dan berbagi data atau informasi. Internet juga dapat diartikan sebagai jaringan komputer dalam arti jaringan yang lebih luas. Dengan adanya internet, berbagai kemudahan telah didapatkan baik di bidang pendidikan, komunikasi, keuangan sampai dengan bidang pemerintahan.

Dalam upaya peningkatan produktivitas kerja dapat dilakukan dengan memaksimalkan penggunaan jaringan komputer. Analisis manajemen bandwidth dengan menggunakan metode *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB pada MikroTik RouterBoard merupakan sebuah eksplorasi yang penting dalam konteks pengembangan dan pengelolaan jaringan. Dalam era di mana ketergantungan pada layanan

online dan aplikasi berbasis internet semakin meningkat, kebutuhan akan manajemen bandwidth yang efektif semakin mendesak.

Dalam pengelolaan sumber daya jaringan, khususnya bandwidth, Manajemen bandwidth pada MikroTik RouterBoard merupakan aspek krusial dalam mengoptimalkan penggunaan bandwidth dalam jaringan. Dua metode yang umum digunakan untuk manajemen bandwidth adalah *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB. *Simple Queue* memungkinkan pengguna untuk membatasi kecepatan upload dan download berdasarkan IP Address client, sementara *Queue Tree* HTB memberikan kemampuan lebih kompleks dalam mengatur prioritas dan distribusi traffic di jaringan [13].

MikroTik RouterBoard, sebagai salah satu solusi terkemuka dalam manajemen jaringan, menyajikan berbagai fitur yang dapat dikonfigurasi untuk memenuhi kebutuhan spesifik suatu jaringan. Dalam konteks ini, penelitian bertujuan untuk menguji dan membandingkan efektivitas dua metode manajemen bandwidth pada MikroTik RouterBoard, yaitu *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB.

Penelitian akan difokuskan pada aspek kualitas download jaringan sebagai parameter utama, pengujian akan dilakukan dengan menggunakan PC di VirtualBox sebagai client atau user, dengan aliran internet melalui bridge adapter. Dengan memanfaatkan simulasi, penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan efektivitas *Simple Queue* dan *Queue Tree* HTB pada router MikroTik, mengingat pentingnya pengalaman pengguna dalam mengakses berbagai layanan online. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan berharga bagi organisasi atau penyedia layanan internet yang ingin mengoptimalkan penggunaan bandwidth mereka.

Dalam konteks kontribusi ilmiah, penelitian ini dapat menjadi landasan untuk memahami lebih lanjut cara mengoptimalkan penggunaan bandwidth, khususnya dalam penggunaan MikroTik RouterBoard. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pemahaman lebih mendalam tentang strategi manajemen bandwidth yang dapat meningkatkan kinerja jaringan dan memenuhi kebutuhan unik dari pengguna jaringan tersebut, maka penulis memberi judul

pada penelitian ini “Analisis Perbandingan Performa Download Pada Manajemen Bandwith Mikrotik Routerboard Menggunakan Metode Simple Queue Dan Queue Tree HTB”.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan simulasi yang merupakan bentuk penelitian yang bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berskala sederhana (model) dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya.

Pada simulasi penelitian ini menggambarkan suatu mode kecil topologi jaringan internet X yang dimanajemen penggunaan bandwith nya untuk beberapa client, serta memprioritaskan client yang lain dengan membedakan traffic setiap client. Berikut langkah-langkah metode simulasi yang harus dilakukan:

### A. Alat dan Bahan Penelitian yang Digunakan

#### 1. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak adalah software yang digunakan sebagai penghubung dalam melakukan simulasi, Berikut adalah software yang digunakan:

- Windows 10 Pro 64-Bit OS
- Oracle Virtual Box
- PC Windows XP VM
- Winbox

#### 2. Kebutuhan Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras adalah Hardware yang digunakan sebagai pendukung dalam melakukan simulasi, dibawah ini adalah hardware yang digunakan, hardware yang digunakan adalah:

- Laptop
- Intel(R) Core (TM) i5-6300U CPU @ 2.40GHz (4 CPUs)
- Ram 8192 MB
- Storage 256 GB
- 2 Mikrotik Routerboard
- Kabel LAN UTP

### B. Jenis Data

Jenis data yang digunakan oleh peneliti adalah data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi jaringan yang sedang berjalan.

### C. Metode Pengumpulan

Observasi: mengamati kebutuhan akses para pengguna internet di Perusahaan atau Instansi X.

### D. Desain Rancangan

#### 1. Topologi Jaringan

Topologi jaringan merupakan hal yang paling mendasar dalam membentuk sebuah jaringan, topologi jaringan yang

diimplementasikan dirancang dengan mempertimbangkan beberapa aspek kunci untuk mencapai tujuan penelitian sesuai dengan latar belakang penelitian. Untuk topologi jaringan yang digunakan pada kantor X yaitu Topologi Star. Topologi Star mengutamakan komputer server sebagai pusat kontrol. Hal ini menyangkut fungsi dan efisiensi perusahaan dalam penyimpanan dan pengolahan data sehingga dapat terkontrol dengan baik dan lancar.

Penggunaan PC di VirtualBox sebagai simulasi klien menjadi langkah penting dalam pengujian kualitas download jaringan. Hal ini dipilih untuk memastikan bahwa pengujian dapat dilakukan secara kontrol dan dapat direplikasi dalam skenario yang berbeda. Aliran internet diarahkan melalui bridge adapter, memungkinkan simulasi kondisi penggunaan nyata dalam jaringan. Keputusan ini diambil agar pengujian lebih mendekati kondisi jaringan sehari-hari, sesuai dengan konteks yang diungkapkan dalam latar belakang penelitian. Melalui pengaturan topologi yang cermat ini, diharapkan penelitian dapat memberikan hasil yang relevan dan representatif dalam mengevaluasi efektivitas kedua metode manajemen bandwith, serta memenuhi tujuan penelitian yang telah ditetapkan

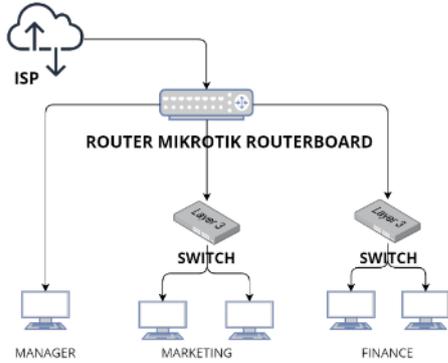
Pada penelitian ini jaringan di kantor X di asumsikan memiliki bandwith Total 20Mb yang akan dibagikan kepada 3 grup user; manager, marketing, dan finance, dengan kebutuhan bandwith internet pada grup manager diasumsikan lebih besar dan diprioritaskan dibanding dengan grup marketing dan finance, asumsi pembagian user untuk masing-masing grup sebagai berikut:

- Pada metode Queue Tree HTB Grup Manager dikonfigurasi bandwith limit-at download sebesar 6 Mb yang didalamnya hanya terdapat satu user, yaitu user manager itu sendiri, dan juga pada metode Simple Queue user juga dikonfigurasi 6 Mb sebagai limit-at nya
- Pada metode Queue Tree HTB Grup Marketing dikonfigurasi bandwith limit-at download sebesar 7 Mb dengan terdapat 2 user yang masing-masing user dikonfigurasi 3,5 Mb sebagai limit-at setiap user, sedangkan pada metode Simple Queue masing-masing user hanya dikonfigurasi 3,5 Mb sebagai limit-at yang didapat
- Pada metode Queue Tree HTB Grup Finance mendapat alokasi yang sama dengan grup marketing dengan dikonfigurasi bandwith limit-at download sebesar 7 Mb dengan terdapat 2 user yang masing-masing user dikonfigurasi 3,5 Mb sebagai limit-at setiap user, sedangkan pada metode Simple Queue masing-masing user hanya dikonfigurasi 3,5 Mb sebagai limit-at yang didapat

Karena penelitian ini dilakukan dengan menggunakan simulasi Virtual Box, maka untuk mempermudah dalam memahami sambungan antar device, topologi yang disajikan pada penelitian kali ini ada 2 macam; yaitu topologi umum dan topologi pengujian untuk memberikan gambaran seperti

simulasi

Berikut gambar topologi umum jaringan Simulasi yang akan dilakukan percobaan dalam penelitian ini.



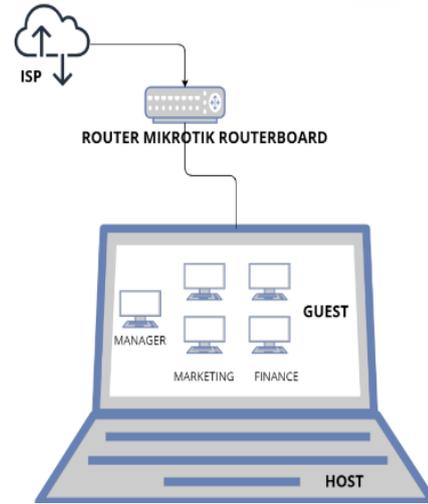
**Gbr 1 Topologi Umum**

Topologi ini dirancang untuk mereplikasi kondisi jaringan yang umum ditemui di berbagai lingkungan. Komponen utama topologi ini melibatkan Router MikroTik sebagai Pusat Kontrol, router berfungsi sebagai pusat kontrol dan pengatur manajemen bandwidth. Ini memetakan distribusi sumber daya dan mengelola lalu lintas jaringan antara switch dan PC.

Switch sebagai penghubung lokal, switch mengelola konektivitas lokal dan mendistribusikan lalu lintas di dalam jaringan. Ini memfasilitasi komunikasi antar PC dan mengatur akses ke router untuk manajemen bandwidth.

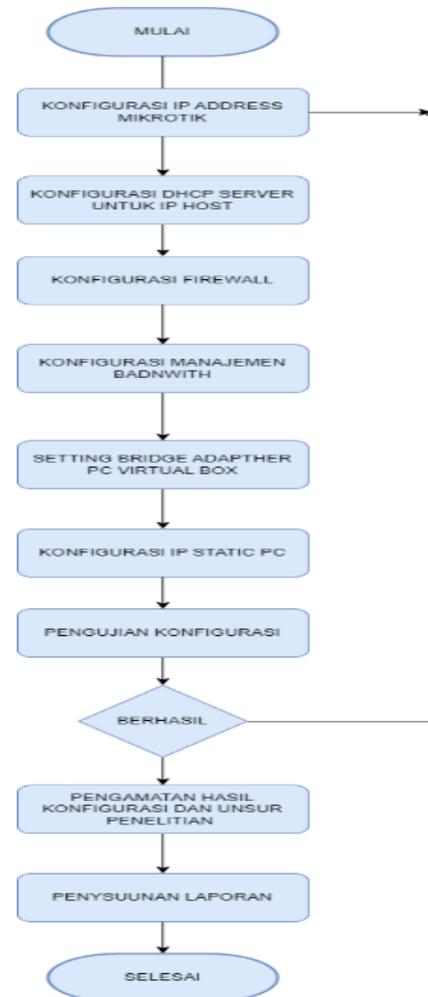
PC sebagai pengguna akhir, PC dihubungkan ke switch dan berperan sebagai pengguna akhir atau klien. Pengaturan manajemen bandwidth diaplikasikan untuk mengamati pengaruhnya pada pengalaman pengguna akhir.

Berikut adalah topologi pengujian riel yang dilakukan:



**Gbr 2. Topologi Pengujian**

## 2. Flowchart Cara Kerja



**Gbr 3 Flowchart Cara Kerja**

Penjelasan FlowChart :

- a. Start – Proses dimulai.
  - b. Melakukan konfigurasi IP Address mikrotik pada interface yang menyambung pada client/user
  - c. Melakukan konfigurasi DHCP server untuk pembagian ip pada host.
  - d. Melakukan konfigurasi pada firewall, yang pertama melakukan konfigurasi pada firewall NAT masquerade agar client bisa mengakses internet, yang kedua melakukan konfigurasi pada firewall mangle ketika sebagai connection yang akan digunakan nantinya pada konfigurasi Queue Tree
  - e. Melakukan konfigurasi manajemen bandwidth Simple Queue dan Queue Tree HTB
  - f. Melakukan setting adapter pada masing-masing pc di virtual box agar mendapat koneksi internet dari Host
  - g. Melakukan konfigurasi ip static pada masing-masing pc sesuai dengan ip gateway yang dikonfigurasi pada mikrotik
  - h. Melakukan pengujian ping untuk memastikan setiap pc sudah terkoneksi ke internet
  - i. Jika konfigurasi berhasil selanjutnya adalah melakukan konfigurasi manajemen bandwidth berupa download pada setiap client/user, jika tidak berhasil maka melakukan pengecekan ulang dari konfigurasi awal.
  - j. Melakukan pengamatan dan capturing hasil konfigurasi dan avg.rate download menggunakan winbox
  - k. Membuat laporan dari data yang sudah didapat
  - l. End-Proses selesai.
- d. Konfigurasi Firewall NAT
  - e. Konfigurasi Firewall Mangle (untuk Queue tree HTB)
  - f. Konfigurasi Manajemen Bandwith Simple Queue dan Queue Tree HTB
3. Konfigurasi Pc Virtual Box
    - a. Setting Adapter
    - b. Konfigurasi Ip Static setiap PC virtual

Setelah seluruh konfigurasi telah dilakukan dan metode Simple Queue dan Queue Tree HTB telah diterapkan sesuai dengan skenario topologi maka akan diuji sesuai dengan skenario pengujian, pada pengujian terdapat 5 kemungkinan kondisi yang akan berlaku, pada tabel disajikan dengan “ON” yang berarti user grup sedang menggunakan alokasi bandwidth dan “OFF” yang berarti user grup tidak sedang menggunakan bandwidth, adapun skenario pengujian sebagai berikut:

**Tabel 1 Skenario Pengujian**

NO	MANAGER	MARKETING	FINANCE
1	ON	ON	ON
2	OFF	ON	OFF
3	OFF	ON	ON
4	ON	ON	OFF
5	ON	OFF	OFF

### 3. Cara Kerja Sistem

Cara kerja Sistem adalah client menerima bandwidth dari pembagian yang dilakukan oleh mikrotik routerboard. Lalu dilakukan proses download kemudian menganalisa grafik pada fitur avg.rate download untuk menganalisa mana yang lebih baik secara kemampuan dari dua metode yang digunakan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal dalam melakukan pengujian Simple Queue dan Queue Tree Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah membuat topologi jaringan sesuai dengan skenario yang diinginkan, kemudian melakukan konfigurasi pada Mikrotik Routerboard menggunakan aplikasi Winbox dan melakukan setting pada masing-masing pc di virtualbox yang meliputi:

1. Konfigurasi pada mikrotik 1
  - a. Konfigurasi DHCP Client
  - b. Konfigurasi Ip address
  - c. Konfigurasi DHCP server
  - d. Konfigurasi Firewall NAT
  - e. Konfigurasi Simple Queue Limitasi Bandwith
2. Konfigurasi pada mikrotik 2
  - a. Konfigurasi DHCP Client
  - b. Konfigurasi Ip address
  - c. Konfigurasi DHCP Server

### A. Hasil Implementasi

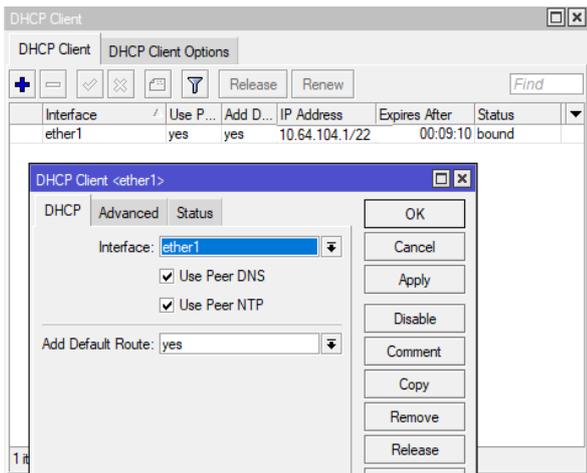
Berikut adalah hasil konfigurasi mikrotik sebagai router bandwidth management dan PC client diatas guest VirtualBox yang digunakan untuk pengetesan bandwidth.

#### 1. Konfigurasi pada router mikrotik 1 (Limitasi ISP)

Berdasarkan topologi diatas yang dimana pada penelitian ini menggunakan 2 router mikrotik, Router mikrotik 1 pada penelitian ini berfungsi sebagai limitasi bandwidth yang didapat dari isp, adapun konfigurasi yang digunakan pada router mikrotik 1 sebagai berikut:

#### a. Konfigurasi DHCP Client

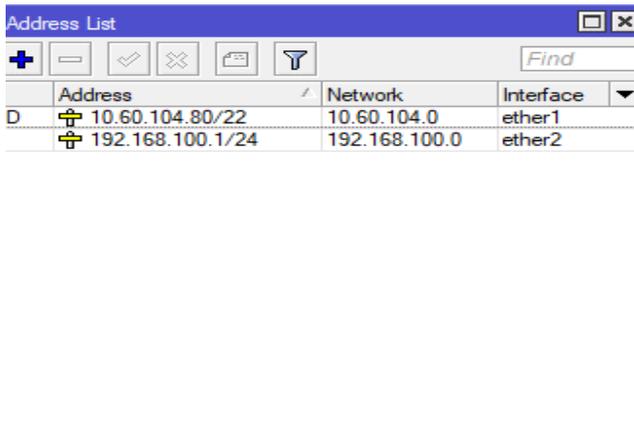
Dengan mengaktifkan DHCP client pada interface yang terhubung ke ISP yang disini adalah ether1, MikroTik akan secara otomatis mendapatkan alamat IP dari ISP. Ini memungkinkan MikroTik untuk terhubung ke internet tanpa perlu mengonfigurasi alamat IP secara manual, menggunakan DHCP client memungkinkan MikroTik untuk mendapatkan tidak hanya alamat IP, tetapi juga informasi jaringan lainnya seperti gateway, DNS server, dan subnet mask secara otomatis.



**Gbr 4 Konfigurasi DHCP Client**

b. Konfigurasi IP Address

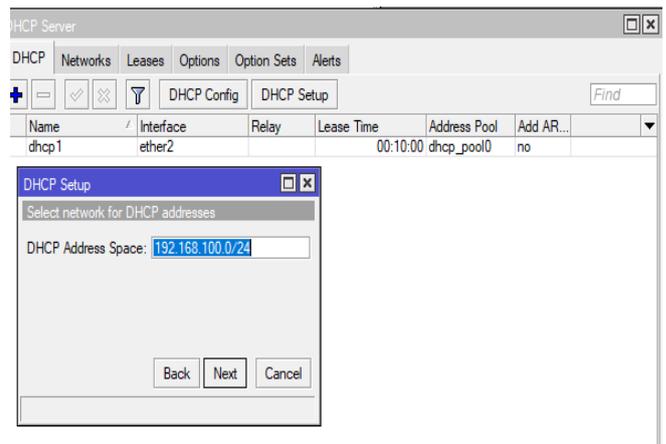
Langkah pertama dalam melakukan konfigurasi agar mikrotik dan user bisa mengakses internet adalah memberikan ip address pada mikrotik, perlu memberikan ip address pada router mikrotik 1 sebagai identitas dalam jaringan, pada penelitian ini ip address yang digunakan pada ether2 yang nantinya akan tersambung pada ether1 mikrotik 2 sebagai gateway internet user adalah 192.168.100.1/24.



**Gbr 5 Konfigurasi IP Address**

c. Konfigurasi DHCP Server

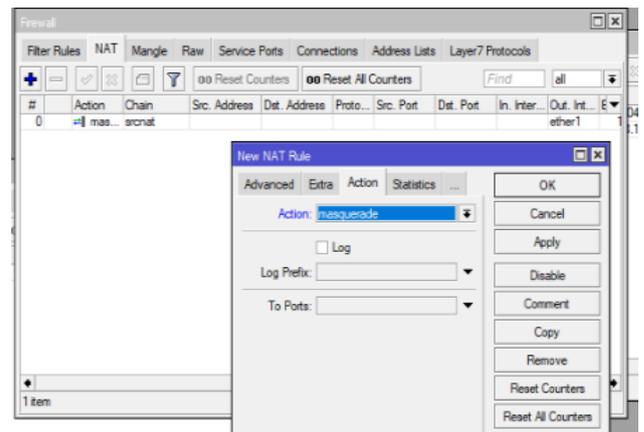
Seperti yang dijelaskan diatas bahwa router 1 sebagai limitasi bandwidth dari isp, maka pada pembagian ip untuk router 2 pada penelitian ini menggunakan DHCP server untuk memberikan ip address secara otomatis.



**Gbr 6 Konfigurasi DHCP Server**

d. Konfigurasi Firewall NAT (Network Address Translation)

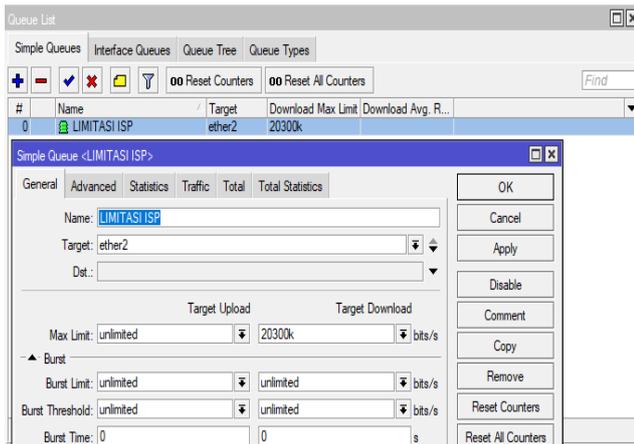
Router Mikrotik Routerboard pada skenario ini merupakan router yang berada diantara jaringan publik (internet) dan jaringan lokal (LAN). Router yang berada pada posisi ini perlu menjalankan NAT (Network Address Translation) dengan menggunakan action masquerade



**Gbr 7 Konfigurasi NAT Router 1**

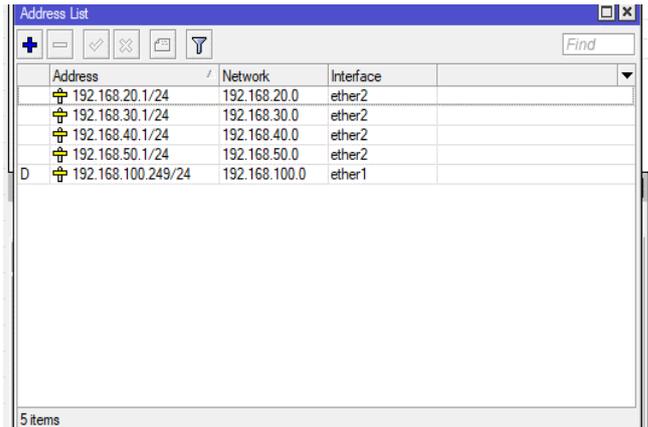
e. Konfigurasi limitasi bandwidth

Sesuai dengan skenario diatas, router 1 sebagai limitasi bandwidth yang didapat dari ISP, bandwidth yang akan dilimitasi sebesar 20300 kb/20,3 Mb agar konsep hirarki dan priority bisa berjalan sesuai dan berjalan lebih baik, pada limitasi ini menggunakan konfigurasi Simple Queue



Gbr 8 Konfigurasi Limitasi Router 1

pada grup finance, tampilan pada Winbox sebagai berikut:



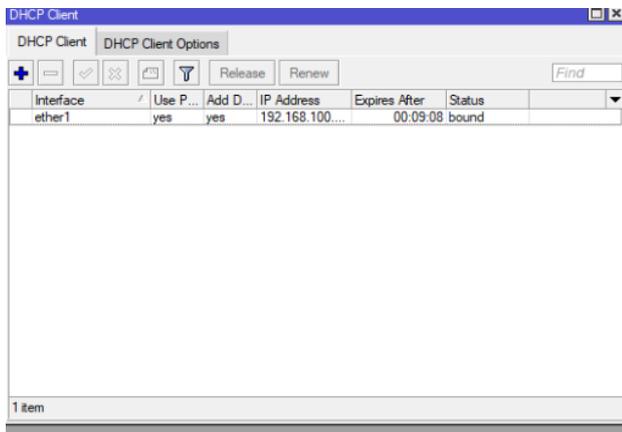
Gbr 10 Konfigurasi Ip Address Router 2

2. Konfigurasi pada mikrotik 2 (Limitasi User)

Setelah konfigurasi pada router mikrotik 1 telah dilakukan pada penelitian ini, langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi pada router mikrotik 2 sebagai router yang melakukan manajemen bandwidth pada user atau pc di virtualbox, berikut konfigurasi yang berlaku pada router 2 mikrotik:

a. Konfigurasi DHCP Client

Dengan mengaktifkan DHCP client pada interface yang terhubung ke ISP yang disini adalah ether1, mikroTik akan secara otomatis mendapatkan alamat IP dari router 1, yang mana router 1 sebagai gateway user agar bisa terhubung dengan jaringan publik



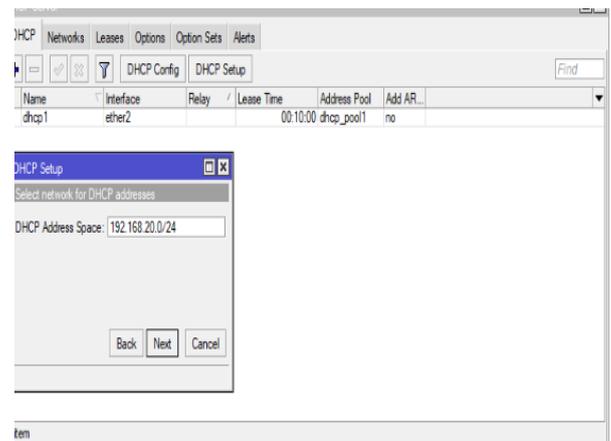
Gbr 9 Konfigurasi DHCP Client Router 2

b. Konfigurasi Ip Address

Berdasarkan skenario topologi dan menyesuaikan dengan kemampuan pembagian ip agar dapat dilalui oleh pc virtual box, yang mana ip yang didapat hanya melalui interface yang terhubung pada host, maka IP Address yang dikonfigurasi pada Mikrotik Routerboard di ether2 adalah 192.168.20.1/24 untuk ip yang terhubung pada Host, ether2 192.168.30.1/24 sebagai gateway pada grup manager, ether2 192.168.40.1/24 sebagai gateway pada grup marketing, ether2 192.168.50.1/24 sebagai gateway

c. Konfigurasi DHCP Server

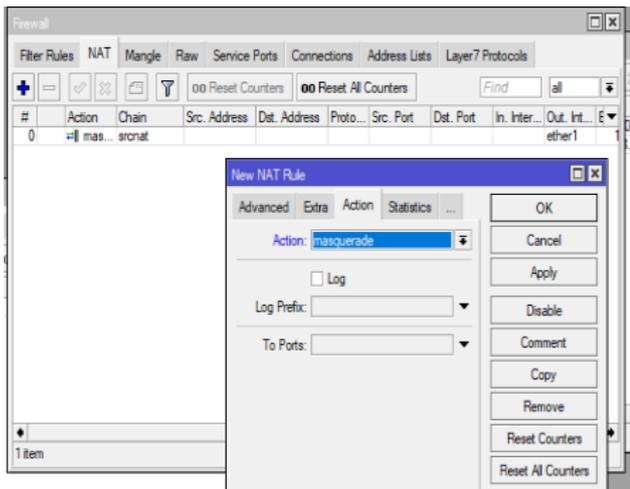
Pada penelitian ini router 2 yang terhubung pada host diberlakukan konfigurasi DHCP server dengan menggunakan ip 192.168.20.1/24 yang mana ip tersebut adalah ip dari ether2 mikrotik yang terhubung pada host, namun pada ip address yang menjadi gateway masing-masing pc di virtualbox tidak diberlakukan aturan DHCP server agar mempermudah pengujian manajemen bandwidth dengan aturan queue.



Gbr 11 Konfigurasi Ip DHCP Server Pada Ether Yang Terhubung Pada Host

d. Konfigurasi Firewall NAT

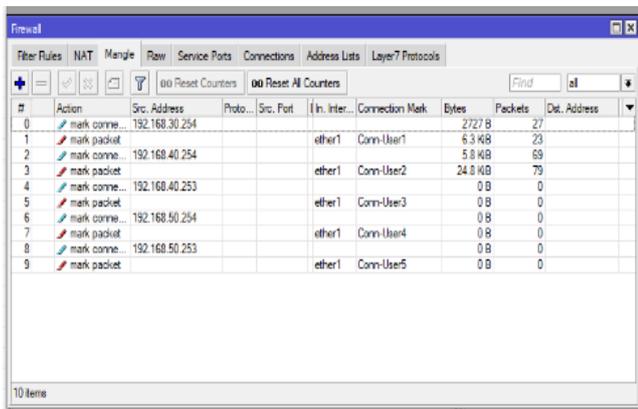
Router Mikrotik Routerboard pada skenario ini merupakan router yang berada diantara jaringan publik (internet) dan jaringan lokal (LAN). Router yang berada pada posisi ini perlu menjalankan NAT (Network Address Translation) dengan menggunakan action masquerade



Gbr 12 Konfigurasi NAT Router 2

e. Konfigurasi Firewall Mangle (untuk Queue Tree HTB)

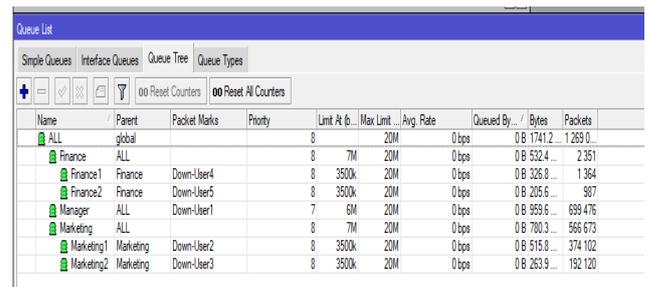
Firewall Mangle berperan dalam identifikasi dan pemisahan lalu lintas jaringan. Ini memungkinkan untuk mengelompokkan pengguna atau layanan ke dalam kategori yang sesuai dengan kebutuhan manajemen bandwidth. Dalam hal ini memungkinkan pemberian prioritas dan pembatasan bandwidth yang efektif. Memberikan kemampuan untuk manajemen lalu lintas yang lebih terperinci dan presisi, tampilan konfigurasi firewall mangle pada penelitian kali ini seperti pada gambar berikut:



Gbr 13 Konfigurasi Firewall Mangle

f. Konfigurasi Queue Tree HTB

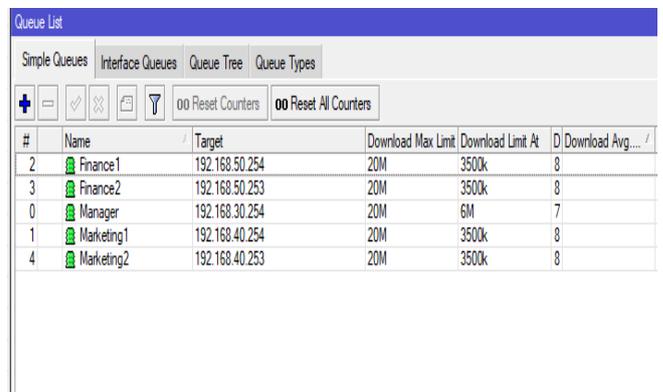
Setelah proses marking telah dilakukan maka selanjutnya adalah mengkonfigurasi Queue Tree HTB untuk melakukan pembagian bandwidth yang disesuaikan dengan skenario diatas dengan konsep Hierarki, tampilan setelah dilakukan konfigurasi seperti gambar dibawah ini:



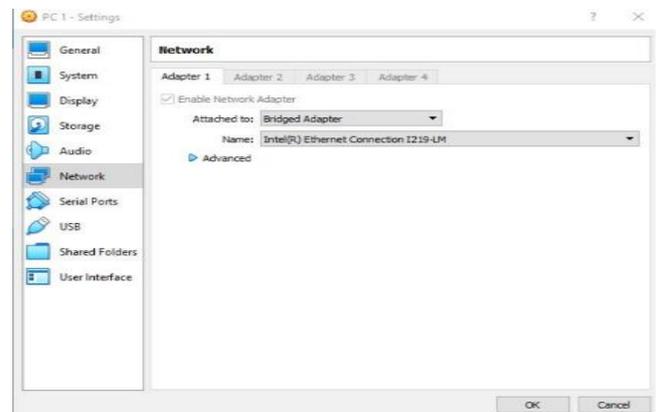
Gbr 14 Konfigurasi Queue Tree HTB

g. Konfigurasi Simple Queue

Setelah proses konfigurasi Ip address pada mikrotik routerboard, DHCP Server, Firewall NAT, maka user sudah bisa mengakses internet, selanjutnya adalah melakukan konfigurasi Simple Queue sesuai pembagian pada skenario, tampilan setelah dilakukan konfigurasi Simple Queue seperti gambar berikut:



Gbr 15 Konfigurasi Simple Queue



3. Konfigurasi Pc Virtualbox

a. Setting Adapter

Setelah Konfigurasi pada router mikrotik sudah dilakukan, maka selanjutnya adalah melakukan setting pada pc virtualbox, agar pc virtualbox bisa teraliri internet dan sesuai dengan ip gateway yang ada pada mikrotik 2, maka perlu untuk mengubah default adapter menjadi Bridge

Gbr 16 Setting Adapter Pada Pc Virtualbox

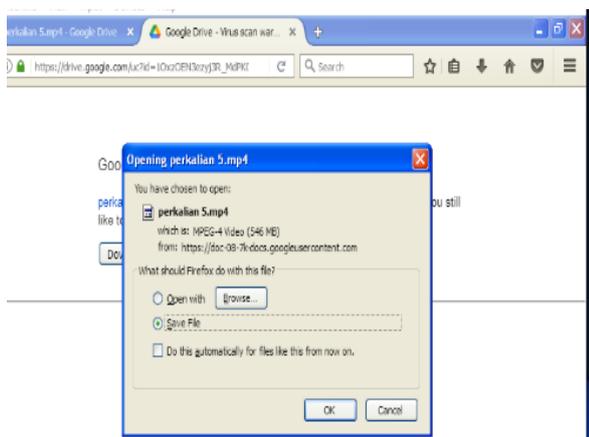
b. Konfigurasi Ip Static pada PC

Setelah setting adapter dilakukan maka pc sudah bisa teraliri oleh internet dari host, namun agar pc juga bisa mengakses internet maka masing-masing pc harus diberikan konfigurasi ip static sesuai dengan ip gateway dan skenario dari masing-masing grup pada topologi.

1. Pada Pc 1 (Manager) diberikan Ip static 192.168.30.254 dengan prefix /24 dan default gateway 192.168.30.1 yang menjadi ip gateway pada mikrotik ether2, DNS 10.60.104.1 sesuai dengan DNS yang ada pada ISP.
2. Pada Pc 2 (Marketing1) diberikan Ip static 192.168.40.254 dengan prefix /24 dan default gateway 192.168.40.1 yang menjadi ip gateway pada mikrotik ether2, DNS 10.60.104.1 sesuai dengan DNS yang ada pada ISP.
3. Pada Pc 3 (Marketing2) diberikan Ip static 192.168.40.253 dengan prefix /24 dan default gateway 192.168.40.1 yang menjadi ip gateway pada mikrotik ether2, DNS 10.60.104.1 sesuai dengan DNS yang ada pada ISP.
4. Pada Pc 4 (Finance1) diberikan Ip static 192.168.50.254 dengan prefix /24 dan default gateway 192.168.50.1 yang menjadi ip gateway pada mikrotik ether2, DNS 10.60.104.1 sesuai dengan DNS yang ada pada ISP.
5. Pada Pc 5 (Finance2) diberikan Ip static 192.168.50.253 dengan prefix /24 dan default gateway 192.168.50.1 yang menjadi ip gateway pada mikrotik ether2, DNS 10.60.104.1 sesuai dengan DNS yang ada pada ISP.

c. Proses Download

Setelah pc virtualbox telah disetting dan dikonfigurasi langkah selanjutnya untuk mengukur dan melakukan pengujian pada penelitian kali ini adalah melakukan proses download, proses download dilakukan sesuai dengan skenario yang tadi dijelaskan, adapun proses download dilakukan melalui google drive agar proses download berjalan stabil dibanding dengan melakukan download melalui internet yang traffic dan kecepatan juga bergantung pada server web nya masing-masing.



Gbr 17 Proses Download PC Virtualbox

B. Hasil Pengujian

1. Hasil Pengujian Metode Simple Queue

a. Kondisi 1

Berikut adalah capturing kondisi 1 metode Simple Queue yang sedang berjalan yaitu dengan memberikan pembagian bandwith kepada user secara penuh 20 Mb untuk Download sesuai pendistribusian bandwith pada skenario topologi pada setiap user.

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	2.2 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	2.6 Mbps
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	3.4 Mbps
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	5.8 Mbps
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	6.1 Mbps

Gbr 18 Simple Queue Kondisi 1-1

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	3.0 Mbps
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	3.8 Mbps
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	3.8 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	4.5 Mbps
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	5.1 Mbps

Gbr 19 Simple Queue Kondisi 1-2

Pada pendistribusian Simple Queue kondisi 1 terlihat bahwa pembagian bandwith berhasil dilakukan dan setiap user akan saling berebut bandwith dan konsep priority pun tidak berjalan sebagaimana mestinya.

b. Kondisi 2

Berikut adalah capturing kondisi 2 dari konfigurasi Simple Queue, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 2, dimana Grup Marketing "ON", Grup Finance "OFF" dan Grup Manager "OFF":

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	10.0 Mbps
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	10.3 Mbps

Gbr 20 Simple Queue Kondisi 2-1

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	8.8 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	11.5 Mbps

Gbr 21 Simple Queue Kondisi 2-2

Pada pendistribusian Simple Queue kondisi 2 terlihat

bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat dilihat jika pada kondisi dimana user pada grup manager dan finance tidak sedang memanfaatkan porsi bandwidth maka bandwidth seluruhnya dibagikan kepada masing-masing user pada Grup Marketing, dan terlihat juga jika pada kebutuhan jaringan yang kecil yang dimana disini menggunakan 2 user saja, maka bandwidth akan terbagi relatif secara merata.

c. Kondisi 3

Berikut adalah capturing kondisi 3 dari konfigurasi Simple Queue, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 3, dimana Grup Marketing "ON", Grup Finance "ON" dan Grup Manager "OFF":

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	4.1 Mbps
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	5.2 Mbps
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	5.0 Mbps
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	5.9 Mbps

Gbr 22 Simple Queue Kondisi 3-1

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	4.3 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	5.1 Mbps
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	5.1 Mbps
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	5.8 Mbps

Gbr 23 Simple Queue Kondisi 3-2

Pada pendistribusian Simple Queue kondisi 3 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat dilihat jika pada kondisi dimana user pada grup manager tidak sedang memanfaatkan porsi bandwidth maka masing-masing user yang menggunakan bandwidth akan saling berebut bandwidth.

d. Kondisi 4

Berikut adalah capturing kondisi 4 dari konfigurasi Simple Queue, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 4, dimana Grup Marketing "ON", Grup Manager "ON" dan Grup Finance "OFF":

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	5.7 Mbps
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	7.0 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	7.5 Mbps

Gbr 24 Simple Queue Kondisi 4-1

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	7.1 Mbps
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	6.5 Mbps
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	6.6 Mbps

Gbr 25 Simple Queue Kondisi 4-2

Pada pendistribusian Simple Queue kondisi 4 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat dilihat jika pada kondisi dimana user pada grup finance tidak sedang memanfaatkan porsi bandwidth maka masing-masing user yang menggunakan bandwidth akan saling berebut bandwidth.

e. Kondisi 5

Berikut adalah capturing kondisi 5 dari konfigurasi Simple Queue, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 5, dimana Grup Manager "ON", Grup Marketing "OFF" dan Grup Finance "OFF":

#	Name	Target	Download Max Limit	Download Limit At	D	Download Avg...
2	Finance1	192.168.50.254	20M	3500k	8	
3	Finance2	192.168.50.253	20M	350k	8	
1	Marketing1	192.168.40.254	20M	3500k	8	
4	Marketing2	192.168.40.253	20M	3500k	8	
0	Manager	192.168.30.254	20M	6M	7	20.0 Mbps

Gbr 26 Simple Queue Kondisi 5

2. Hasil Pengujian Metode Queue Tree HTB

a. Berikut adalah capturing kondisi 1 metode Queue Tree HTB yang sedang berjalan yaitu dengan memberikan pembagian bandwidth kepada user secara penuh 20 Mb.

#	Name	Parent	Packet Mark	Priority	Limit At B.	Max Limit	Req. Rate	Classified By	Bytes	Packets
ALL	global			8	20M	20M	20.0 Mbps	0 B	16214	13275
Finance1	Finance1	Down-User4		8	7M	20M	7.0 Mbps	0 B	29.0 MB	30.369
Finance2	Finance2	Down-User5		8	3500k	20M	3.5 Mbps	1452 B	17.0 MB	13.510
Marketing1	Marketing1	Down-User2		8	7M	20M	7.0 Mbps	0 B	403.9	583.908
Marketing2	Marketing2	Down-User3		8	3500k	20M	3.5 Mbps	7.1 KB	329.6	384.219
Manager	Manager	Down-User1		7	6M	20M	6.0 Mbps	12.8 KB	273.7	199.252

Gbr 27 Queue Tree HTB Kondisi 1

Pada pendistribusian Queue Tree HTB kondisi 1 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan setiap user mendapatkan limit-nya, dan priority pada manager tidak sedang bekerja karena pembagian bandwidth sudah maksimal dan tidak ada bandwidth tersisa.

b. Berikut adalah capturing kondisi 2 dari konfigurasi Queue Tree HTB, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 2, dimana Grup Marketing "ON", Grup Finance "OFF" dan Grup Manager "OFF":

Name	Parent	Packet Marks	Priority	Limit At (b)	Max Limit	Avg. Rate	Queued By	Bytes	Packets
ALL	global		8	20M	20M	20.1 Mbps	0 B 1955.7	1.431.9	
Finance	ALL		8	7M	20M	0 bps	0 B 171.1 MB	53.667	
Finance1	Finance	Down-User4	8	3500k	20M	0 bps	0 B 33.0 MB	25.133	
Finance2	Finance	Down-User5	8	3500k	20M	0 bps	0 B 38.1 MB	28.548	
Manager	ALL	Down-User1	7	6M	20M	0 bps	0 B 1005.0	732.406	
Marketing	ALL		8	7M	20M	20.1 Mbps	0 B 888.8	645.321	
Marketing2	Marketing	Down-User3	8	3500k	20M	10.1 Mbps	0 B 316.2	230.068	
Marketing1	Marketing	Down-User2	8	3500k	20M	9.9 Mbps	8.5 KB 572.0	414.835	

Gbr 28 Queue Tree HTB Kondisi 2

Pada pendistribusian *Queue Tree HTB* kondisi 2 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat dilihat jika pada kondisi grup finance “OFF” dan manager “OFF” maka bandwidth yang tersisa dialokasikan semua pada grup yang sedang “ON” yang disini adalah grup marketing, dan pembagian bandwidth terbagi rata pada masing-masing user.

- c. Berikut adalah capturing kondisi 3 dari konfigurasi *Queue Tree HTB*, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 3, dimana Grup Marketing “ON”, Grup Finance “ON” dan Grup Manager “OFF”:

Name	Parent	Packet Marks	Priority	Limit At (b)	Max Limit	Avg. Rate	Queued By	Bytes	Packets
ALL	global		8	20M	20M	20.1 Mbps	0 B 2116.9	1.541.4	
Finance	ALL		8	7M	20M	9.9 Mbps	0 B 54.0 MB	70.287	
Finance1	Finance	Down-User4	8	3500k	20M	4.9 Mbps	2904.8	45.1 MB	33.881
Finance2	Finance	Down-User5	8	3500k	20M	5.0 Mbps	12.8 KB	48.9 MB	36.431
Manager	ALL	Down-User1	7	6M	20M	0 bps	0 B 1005.0	732.419	
Marketing	ALL		8	7M	20M	10.1 Mbps	0 B 1017.1	738.126	
Marketing1	Marketing	Down-User2	8	3500k	20M	4.8 Mbps	5.7 KB 634.8	490.276	
Marketing2	Marketing	Down-User3	8	3500k	20M	5.3 Mbps	7.1 KB 381.7	277.425	

Gbr 29 Queue Tree HTB Kondisi 3

Pada pendistribusian *Queue Tree HTB* kondisi 3 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat dilihat jika pada kondisi grup finance “ON” dan marketing “ON” dan grup finance “OFF” maka bandwidth yang tersisa dialokasikan merata pada grup yang sedang “ON” yang disini adalah grup marketing dan finance sehingga tidak ada bandwidth tersisa.

- d. Berikut adalah capturing kondisi 4 dari konfigurasi *Queue Tree HTB*, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 4, dimana Grup Marketing “ON”, Grup Manager “ON” dan Grup Finance “OFF”:

Name	Parent	Packet Marks	Priority	Limit At (b)	Max Limit	Avg. Rate	Queued By	Bytes	Packets
ALL	global		8	20M	20M	20.1 Mbps	0 B 2269.2	1.650.8	
Finance	ALL		8	7M	20M	0 bps	0 B 144.8	107.057	
Finance1	Finance	Down-User4	8	3500k	20M	0 bps	0 B 69.7 MB	51.743	
Finance2	Finance	Down-User5	8	3500k	20M	0 bps	0 B 75.0 MB	55.328	
Marketing	ALL		8	7M	20M	7.6 Mbps	0 B 1088.1	789.495	
Marketing1	Marketing	Down-User2	8	3500k	20M	3.8 Mbps	11.3 KB 663.5	485.346	
Marketing2	Marketing	Down-User3	8	3500k	20M	3.7 Mbps	14.2 KB 418.1	303.733	
Manager	ALL	Down-User1	7	6M	20M	12.4 Mbps	11.3 KB 1034.5	753.747	

Gbr 30 Queue Tree HTB Kondisi 4

Pada pendistribusian *Queue Tree HTB* kondisi 4 terlihat bahwa pembagian bandwidth berhasil dilakukan dan dapat

dilihat jika pada kondisi grup marketing “ON” dan manager “ON” dan grup finance “OFF” maka bandwidth yang tersisa dialokasikan merata pada grup yang sedang “ON” yang disini adalah grup marketing dan manager, dan dapat dilihat bahwa dalam pembagian bandwidth yang tersisa, grup manager mendapatkan bandwidth lebih besar yaitu 12.4 Mb dan grup marketing hanya 7.6 Mb, ini diakibatkan sistem pembagian bandwidth adalah memenuhi limit-at masing-masing grup terlebih dahulu dan jika limit-at masing-masing grup telah terpenuhi maka sisa dari itu akan dialokasikan pada priority yang lebih tinggi yang disini adalah grup manager, sehingga mengakibatkan tidak adanya bandwidth yang tersisa dan tidak saling berebut.

- e. Berikut adalah capturing kondisi 5 dari konfigurasi *Queue Tree HTB*, yang sedang berjalan dengan menggunakan pendistribusian sesuai skenario kondisi 5, dimana Grup Manager “ON”, Grup Marketing “OFF” dan Grup Finance “OFF”:

Name	Parent	Packet Marks	Priority	Limit At (b)	Max Limit	Avg. Rate	Queued By	Bytes	Packets
ALL	global		8	20M	20M	20.0 Mbps	0 B 2459.5	1.789.1	
Finance	ALL		8	7M	20M	0 bps	0 B 144.8	107.093	
Finance1	Finance	Down-User4	8	3500k	20M	0 bps	0 B 69.8 MB	51.760	
Finance2	Finance	Down-User5	8	3500k	20M	0 bps	0 B 75.1 MB	55.347	
Manager	ALL	Down-User1	7	6M	20M	20.0 Mbps	0 B 1193.7	868.788	
Marketing	ALL		8	7M	20M	0 bps	0 B 1120.2	812.710	
Marketing1	Marketing	Down-User2	8	3500k	20M	0 bps	0 B 685.3	496.850	
Marketing2	Marketing	Down-User3	8	3500k	20M	0 bps	0 B 434.3	315.426	

Gbr 31 Queue Tree HTB Kondisi 5

### 3. Perbandingan Hasil Pengujian Manajemen Bandwith Metode Simple Queue Dan Queue Tree HTB

Setelah dilakukan proses download dan capturing pada aturan queue untuk mengetahui dan melakukan analisis terhadap 2 metode manajemen bandwidth, maka untuk memudahkan dalam pembacaan data, berikut adalah tabel yang berisikan jumlah besaran bandwidth dari capturing *Download Average Rate* yang disajikan dalam satuan kilobyte:

Tabel 2 Hasil Perbandingan Hasil Pengujian Manajemen Bandwith

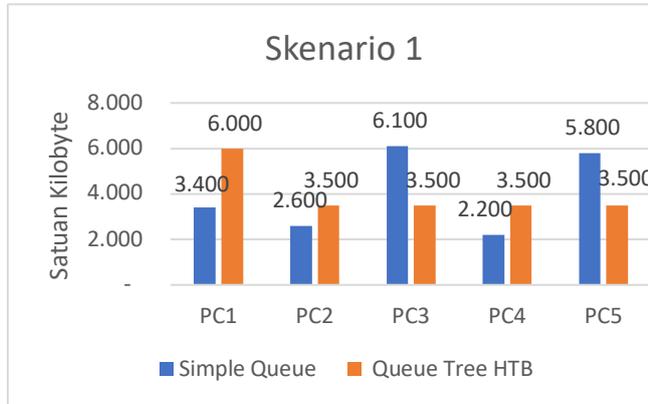
	Simple Queue					Queue Tree HTB				
	Manager	Marketing	Finance			Manager	Marketing	Finance		
Parent	-	-	-	-	-	ALL	ALL-DOWNLOAD	ALL-DOWNLOAD		
Queue	-	-	-	-	-	DOWNLOAD	MARKETING	FINANCE		
Priority	-	-	-	-	-	7	8	8		
max limit	-	-	-	-	-	20,000	20,000	20,000		Total
limit at	-	-	-	-	-	-	7,000	7,000		
Leaf Queue	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Max-Limit	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Limit-At	6,000	3,500	3,500	3,500	3,500	6,000	3,500	3,500	3,500	3,500
Skenario 1	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON
Hasil	3,400	2,600	6,100	2,200	5,800	20,100	6,000	3,500	3,500	3,500
Skenario 2	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF
Hasil	-	10,000	10,300	-	-	20,300	-	10,100	9,900	-
Skenario 3	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
Hasil	-	4,100	5,200	5,000	5,900	20,200	-	4,800	5,300	4,900
Skenario 4	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON	OFF
Hasil	5,700	7,000	7,500	-	-	20,200	12,400	3,800	3,700	-
Skenario 5	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF
Hasil	20,000	-	-	-	-	20,000	20,000	-	-	-

Note: Priority lebih kecil lebih utama

Berikut adalah grafik perbandingan antara metode *Simple Queue* dengan *Queue Tree HTB* dari 5 skenario berdasarkan table 4.2:

a. *Grafik Skenario 1*

Pada skenario 1 semua Departemen/Grup (*Manager, Marketing, Finance*) dan PC (*PC1, PC2, PC3, PC4, PC5*) aktif.

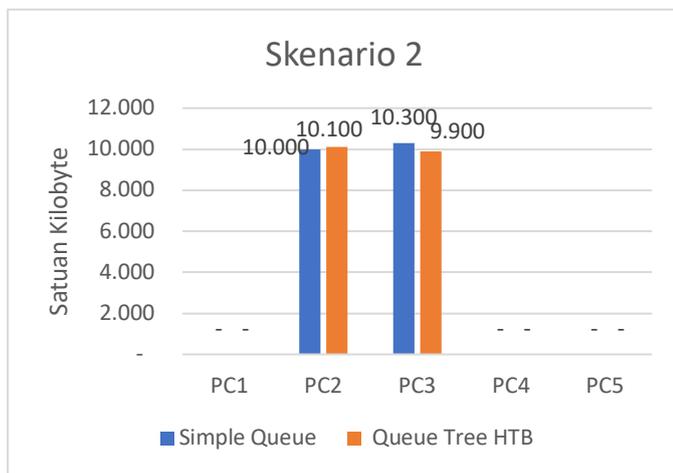


Gbr 32 Grafik perbandingan Simple Queue dan HTB Skenario 1

Dari grafik diatas diperoleh informasi bahwa pada metode *Simple Queue* bandwidth yang diperoleh setiap PC saling berebut dan tidak ada kepastian, sedangkan pada metode *Queue Tree HTB*, PC 1(manager) yang mendapatkan bandwidth yang lebih besar karena departemen Manager memiliki priority lebih tinggi dari pada departemen Marketing dan Finance.

b. *Grafik Skenario 2*

Pada skenario 2 semua Departemen/Grup yang aktif hanya marketing (*PC1, PC2*)



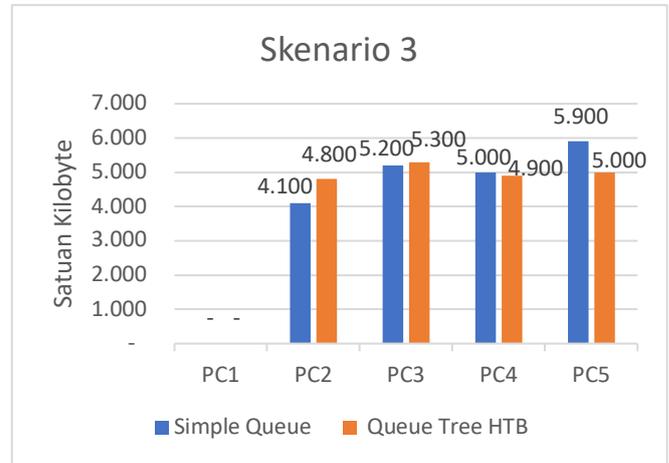
Gbr 33 Grafik perbandingan Simple Queue dan HTB Skenario 2

Dari grafik diatas diperoleh informasi bahwa pada metode *Simple Queue* bandwidth yang diperoleh setiap PC hampir sama dengan bandwidth yang diperoleh dengan metode *Queue Tree HTB*. Hal ini terjadi karena PC2 dan PC3 (marketing) memiliki

priority yang sama dan berada di parent yang sama yaitu Marketing.

c. *Grafik Skenario 3*

Pada skenario 3 semua Departemen/Grup yang aktif adalah Marketing (*PC2, PC3*) dan Finance (*PC4, PC5*)

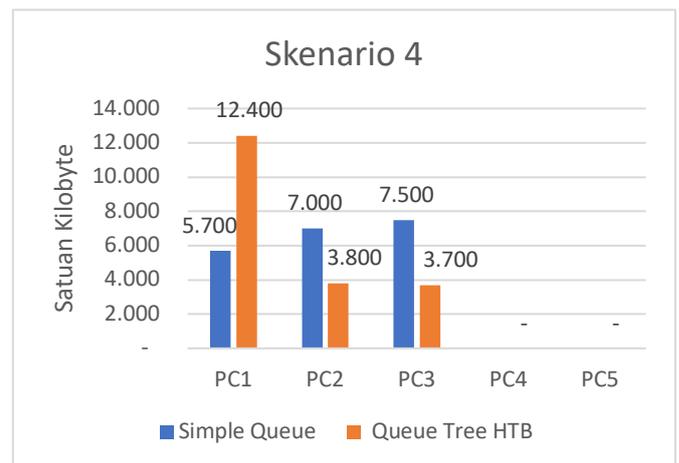


Gbr 34 Grafik perbandingan Simple Queue dan HTB Skenario 3

Dari grafik diatas diperoleh informasi bahwa pada metode *Simple Queue* bandwidth total yang diperoleh Departemen Marketing berebut dengan bandwidth total yang yang diperoleh Departemen Finance dan tidak ada kepastian atau saling berebut, sedangkan pada metode *Queue Tree HTB* bandwidth total yang diperoleh Departemen/Grup Marketing dan Finance hampir sama karena memiliki priority yang sama.

d. *Grafik Skenario 4*

Pada skenario 4 semua Departemen/Grup yang aktif adalah Manager (*PC1*) dan Marketing (*PC2, PC3*)

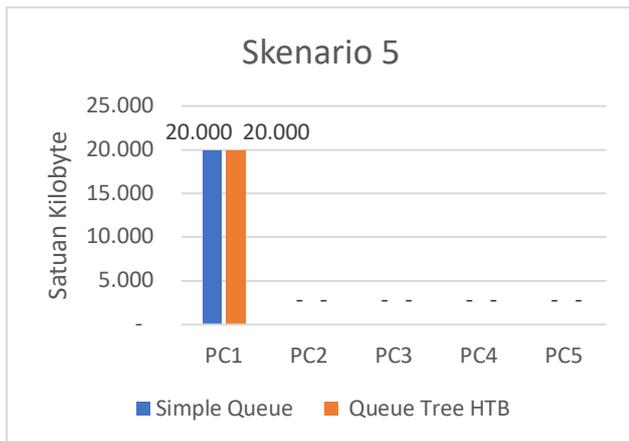


Gbr 35 Grafik perbandingan Simple Queue dan HTB Skenario 4

Dari grafik diatas diperoleh informasi bahwa pada metode *Simple Queue* bandwidth yang diperoleh setiap PC saling berebut dan tidak ada kepastian, sedangkan pada metode *Queue Tree HTB*, PC 1 yang mendapatkan bandwidth yang lebih besar karena Departemen/grup Manager memiliki priority lebih tinggi dari pada Departemenen Marketing.

e. Grafik Skenario 5

Pada skenario 5 hanya Departemen/grup Manager (PC1)



Gbr 36 Grafik perbandingan Simple Queue dan HTB Skenario 5

Dari grafik diatas diperoleh informasi bahwa pada metode PC PC 1 (manager) baik metode *Simple Queue* dan *Queue Tree HTB* memperoleh bandwidth yang hampir sama.

Berdasarkan penyajian data dan implementasi diatas maka pada penelitian ini terdapat beberapa poin pembahasan yang bisa didapat, yaitu:

1. Metode *Queue Tree HTB* menunjukkan hasil yang lebih baik dalam pengelolaan bandwidth dibandingkan dengan *Simple Queue*. Hal ini menunjukkan lebih baik dalam distribusi dan pengaturan aliran data
2. Dalam hal konfigurasi queue, *Simple Queue* memberikan sedikit tahapan untuk diterapkan dibandingkan dengan *Queue Tree HTB*
3. Dalam skala jaringan yang kecil, konfigurasi *Simple Queue* cocok untuk digunakan karena selain konfigurasi yang relatif lebih mudah dibanding *Queue Tree HTB*, dalam pembagian bandwidth nya pun akan merata
4. Dalam hal pemantauan *Queue Tree HTB* memberikan kemudahan konfigurasi dan pemantauan jaringan dengan menyediakan struktur hierarki yang jelas. Ini memudahkan dalam mengelola aturan-aturan dan memahami sejauh mana penggunaan bandwidth pada setiap tingkatan.
5. *Queue Tree HTB* dapat dioptimalkan untuk mengatur prioritas dan pembagian bandwidth sesuai dengan kebutuhan spesifik dari berbagai grup pengguna. Hal ini membantu dalam fleksibilitas jaringan.
6. Dalam menerapkan manajemen bandwidth menggunakan metode *simple queue* dan *queue tree HTB* pada mikrotik

routerboard jika router 1 dan router 2 max-limit nya sama maka yang terjadi adalah konsep HTB dan priority tidak berjalan dengan baik, dan agar konsep tersebut bisa berjalan dengan baik perlu diberikan max-limit lebih tinggi pada router 1 dibanding router 2 minimal 300 Kb atau 0,3 Mb.

#### IV. KESIMPULAN

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh sesuai dengan hasil yang diperoleh pada bab 4, yaitu:

1. Telah berhasil diimplementasikan manajemen bandwidth dengan hierarikal menggunakan metode *Queue Tree HTB* pada router mikrotik
2. Dari hasil analisis perbandingan metode bandwidth manajemen *Simple Queue* dan *Queue Tree HTB* diperoleh kesimpulan bahwa metode *Queue Tree HTB* memberikan pembagian bandwidth sesuai dengan skenario administrator jaringan jika dibandingkan dengan metode *Simple Queue*, karena pada metode *Queue Tree HTB* dapat menggunakan priority sehingga bandwidth tidak berebut dan dapat disesuaikan dengan skenario Administrator Jaringan.

#### REFERENSI

- [1] Fitriastuti, F., & Prasetyo Utomo, D. (2014). Implementasi Bandwidth Management Dan Firewall System Menggunakan Mikrotik Os 2.9.27. *Jurnal Teknik*, 4(1), 1-9.
- [2] I Dewa Made Widia dan Pramudy Atma Pradipta. 2017. Manajemen Bandwidth Dengan Router Mikrotik Di PT. Laser Jaya Sakti. 1:28-41.
- [3] Melwin Syafrizal. 2005. Pengantar Jaringan Komputer. Yogyakarta: Penerbit Andi
- [4] Micro, A. 2012. Dasar-Dasar Jaringan Komputer. Banjar Baru: Clear OS Indonesia
- [5] Pagala, M.S. (2017). Optimalisasi Manajemen Bandwidth Jaringan Komputer Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq (Peer Connection Queue). Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Halu Uleo. Kendari
- [6] Pamungkas, C. A. (2016). Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Routerboard di Politeknik Indonusa Surakarta. *Jurnal INFORMA Politeknik Indonusa Surakarta* ISSN : 2442-7942 Tahun 2016, Vol. 1 Nomor 3.
- [7] Wilmadi, Kadek Agustia and , Muhammad Kusban, ST, MT and , Fatah Yasin Al Irsyadi, ST, MT (2013) Analisis Management Bandwidth Dengan Metode PCQ (Per Connection Queue) Dan HTB (Hierarchical Token Bucket) Dengan Menggunakan Router Mikrotik. Skripsi skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [8] Singgih, Restu (2019) Simulasi perbandingan Metode Queue Tree Dengan Simple Queue Untuk Optimalisasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Routerboard Di Jaringan Kantor BRS-AMPK Rumbai Pekanbaru Riau. Tesis lainnya, Universitas Islam Riau.
- [9] Nasution, M. I., Rahim, F., & Alfarizzi, H. (2022). Analysis And Implementation of Simple Queue and Queue Tree Methods For Optimizing Bandwidth Management. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 4(1), 488-498