

Implementasi dan Analisis Metode Hierarchical Token Bucket pada Manajemen Bandwidth Jaringan (Studi Kasus : Jaringan Rektorat Institut Shanti Bhuana)

Azriel Christian Nurcahyo¹, Listra Firgia², Yulianto Mustaqim³

Teknologi Informasi Institut Shanti Bhuana Kalimantan Barat^{1,2}, Universitas Amikom Yogyakarta³

¹azriel@shantibhuana.ac.id, ²listra@shantibhuana.ac.id, ³yulianto.mustaqim@students.amikom.ac.id

Abstract— Towards the preparation of the online visitation, the addition of the Information Technology S1 study program and the Shanti Bhuana Elementary School Teacher Education study program in August 2020, of course, an overhaul is needed in terms of internet network infrastructure, especially bandwidth and managerial. Since 2016-2019 the main rectorate building network is still implementing routing and login hot spot networks using a bandwidth of 10 Mbps divided among 50 users simultaneously with a simple queuing technique. In 2020 a network overhaul was carried out by researchers using 100 Mbps bandwidth on the main network, 20 Mbps backup networks, and 5 Mbps public networks with the application of the Hierarchical Token Bucket method. The result of an even distribution of bandwidth with an average usage per week of 95.35% of the total throughput of 100%, delay from 177.9 ms to 69.48 ms, packet loss from 22.67% to 1.67% and jitter from 189.4 ms to 14.768 ms. With HTB networks being distributed according to priority so that until today the network overhaul by researchers is still being used with the backbone divided into two public lines RB 1100 AHx4 and administrative lines RB 450G.

Intisari — Menjelang persiapan visitasi online, penambahan prodi S1 Teknologi Informasi dan prodi Pendidikan Guru SD Shanti Bhuana pada Agustus 2020, tentunya diperlukan perombakan dari segi infrastruktur jaringan internet terutama bandwidth dan manajerial. Sejak tahun 2016-2019 jaringan gedung induk rektorat masih menerapkan routing dan login jaringan hot spot menggunakan bandwidth 10 Mbps yang dibagi 50 user secara bersamaan dengan teknik antrian sederhana. Pada tahun 2020 telah dilakukan overhaul jaringan oleh peneliti menggunakan bandwidth 100 Mbps pada jaringan utama, jaringan backup 20 Mbps, dan jaringan publik 5 Mbps dengan penerapan metode Hierarchical Token Bucket. Hasil pemerataan bandwidth dengan rata-rata pemakaian per minggu sebesar 95,35 % dari total throughput 100%, delay dari 177,9 ms menjadi 69,48 ms, packet loss dari 22,67% menjadi 1,67% dan jitter dari 189,4 ms menjadi 14.768 ms. Dengan jaringan HTB yang didistribusikan sesuai prioritas sehingga hingga saat ini overhaul jaringan oleh peneliti masih digunakan dengan backbone terbagi menjadi dua jalur publik RB 1100 AHx4 dan jalur administrasi RB 450G.

Kata Kunci — bandwidth, hierchical token bucket, bandwidth, jaringan

I. PENDAHULUAN

Institut Shanti Bhuana merupakan kampus perguruan tinggi di Bengkayang yang sebelumnya memiliki nama STIM (Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen) Shanti Bhuana yang dikelola oleh Yayasan St. Yohanes Salib. Adapun izin operasional melalui Surat Kemenristek Dikti Nomor 220/KPT/I/2016 dengan awalnya pengelolaan dua program

studi yaitu S1 Manajemen dan S1 Kewirausahaan. Selanjutnya pada tahun 2020 bulan agustus setelah visitasi oleh Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia serta LLDIKTI akhir tahun 2020 STIM Shanti Bhuana berubah menjadi Institut Shanti Bhuana dengan penambahan 2 program studi baru yaitu S1 Teknologi Informasi dan S1 PGSD [1].

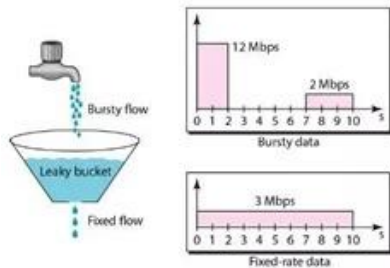
Pada tahun 2020 awal dilakukan analisis jaringan oleh tim peneliti dengan tujuan untuk merombak struktur manajerial bandwidth dan dihasilkan keputusan untuk menambah bandwidth serta melakukan perubahan dari sisi manajerial jaringan dengan cara membagi menjadi dua jalur yaitu jalur jaringan lama untuk administrasi dan server, serta jalur publik dengan penambahan bandwidth 125 Mbps yang terbagi menjadi tiga bagian yaitu jalur publik, remote, dan backup. Analisis jaringan diutamakan pada router backbone, sebab dalam jaringan yang lebih kompleks router digunakan untuk memilah jalur bagi paket data untuk mencapai komputer atau device tujuan [2]. Dari hasil analisis didapatkan bahwa jaringan yang diterapkan masih menggunakan konsep simple queue sederhana tanpa adanya connection mark. Connection mark merupakan jenis marking yang digunakan untuk menandai suatu koneksi, seperti jika terdapat paket yang akan keluar maupun masuk dari device pertama kali diidentifikasi sebagai contoh paket HTTP request yang bertujuan meminta sebuah halaman HTML pada web server [3].

Selain itu manajerial bandwidth standar dengan simple queue tidak dapat membagi secara detail jalur jaringan upload, download, ICMP maupun paket-paket data lainnya. Hal ini tentu menyebabkan banyak kongesti pada jaringan karena queue pada router maupun switch yang belum terkonfigurasi secara maksimal. Sebagai contoh ketika rate dari ingress traffic lebih besar dari traffic yang diproses oleh CPU pada router maka kongesti dapat terjadi dan mempengaruhi beberapa segmen antara lain kecepatan, kombinasi beberapa jenis traffic, dan CPU Load [4].

Oleh sebab itu dilakukan optimalisasi jaringan pada gedung rektorat Institut Shanti Bhuana meliputi pemisahan jalur backbone jaringan serta optimalisasi bandwidth dengan menerapkan metode antrian. Metode antrian yang digunakan pada penelitian ini adalah Hierarchical Token Bucket. HTB sangat cocok diterapkan pada skema jaringan routing seperti RIP, OSPF, atau routing statis terdistribusi dengan kombinasi. Dalam menerapkan static routing, network administrator akan mengisikan entry route pada tabel routing secara manual pada setiap router yang ada pada jaringan. Sebuah entry akan mengandung tiga informasi yaitu network address, subnet mask, dan next hop atau gateway [5]. HTB juga sesuai

digunakan pada jaringan *enterprise* seperti *BGP* maupun *OSPF*. *OSPF* menggunakan *cost* sebagai *metric* dan jalur *cost* terendahlah yang digunakan untuk menuju *remote network*, sedangkan *BGP* digunakan pada *ISP* untuk *exterior gateway protocol* yang membutuhkan *Autonomous system (AS) Number* [6].

HTB merupakan turunan dari *leaky bucket*. *Leaky bucket* diibaratkan dengan ember bocor, dan prinsip ember bocor seperti pada gambar 1 inilah yang digunakan untuk menangani packet maupun *burst* yang terjadi dalam sebuah jaringan.



Gambar 1. Konsep *Leaky Bucket*

Dari gambar di atas dijelaskan bahwa sebuah ember yang digunakan untuk menampung *packet*, ember tersebut adalah ember bocor sehingga setiap detiknya terdapat sejumlah paket yang keluar melewati lubang di bawah ember, ember tersebut berusaha mengirimkan sejumlah paket dan jumlah paket dalam jaringan konstan. Dengan ukuran lubang ember bocor yang tetap maka lonjakan paket dalam jaringan dapat dikendalikan dengan mekanisme *FIFO (First In First Out)* [4]. Adapun dengan *HTB* terdapat token yang dimasukkan ke dalam *bucket*, *token* digunakan untuk mewakili *byte data*. Disaat bersamaan paket jaringan diterima *router* dikumpulkan oleh *queue* secara *FIFO* dan diproses dan *bucket* dapat menyimpan bandwidth tabungan. Model *HTB* cocok digunakan pada jaringan terdistribusi baik *LAN* maupun *WLAN* seperti jaringan *wireless CAPsMAN* dimana perangkat yang digunakan dapat terintegrasi dari sisi *CAP (Controlled Access Point)*, *SSID*, *Frekuensi*, *Channel Band*, hingga autentikasi user [7]. Pada penelitian ini dilakukan perombakan jaringan dengan implementasi *HTB*, pemisahan jalur jaringan, dan analisis hasil konsumsi *bandwidth* setelah dilakukan optimalisasi. Studi kasus pada penelitian ini menggunakan gedung rektorat Institut Shanti Bhuana, dikarenakan letak kondisi geografis sistem jaringan dilakukan secara terpusat. Adapun pengujian dengan model *QoS*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sebagai pendukung dari penelitian terdahulu mengenai implementasi maupun analisis jaringan komputer dan alasan penguat penggunaan metode maka terdapat tiga penelitian terdahulu yang relevan sehingga perlu diadakan pengembangan melalui penelitian ini.

Pertama yaitu penelitian dengan judul Analisis Kinerja Jaringan Penghubung Antar Gedung Menggunakan *Wifi* (Studi Kasus : Universitas Musamus Merauke) tahun 2017 oleh S2 Ilmu Komputer UGM yang menyebutkan berdasarkan hasil pengukuran, jaringan penghubung antar gedung menggunakan *WiFi* di Universitas Musamus Merauke belum dapat memenuhi

kebutuhan. Pengukuran sendiri dilakukan menggunakan metode *QoS* dengan standarisasi *TIPHON* (T.Darsono, 2017) [8]. Perbedaan dengan penelitian ini adalah dimana pada penelitian tersebut belum dilakukan pengembangan optimalisasi, namun terbatas dalam batas analisa sehingga pentingnya dilakukan pengembangan sistem jaringan skala kampus yang pada penelitian ini melalui simulasi jaringan penggunaan metode *HTB*.

Kedua yaitu penelitian dengan judul Pengembangan Jaringan Komputer Universitas Andi Djemma Palopo Berdasarkan Perbandingan Jaringan Protokol Routing Statik dan *OSPFv2* tahun 2017 oleh S2 Ilmu Komputer UGM. Pada penelitian ini disebutkan nilai rata-rata throughput untuk skenario normal pada *OSPFv2* sebesar 568,63 *Bps* dan statik sebesar 565,63 *Bps*. Kasus skenario sibuk pada *OSPFv2* sebesar 514,48 *Bps* dan statik sebesar 515,11. Dengan demikian *OSPFv2* memiliki throughput yang lebih baik dibandingkan dengan statik (Muhlis Muhallim, 2017) [9].

Pada penelitian kedua tersebut memiliki relevansi dengan penelitian saat ini dimana dilakukan pengembangan dan pengujian pada input jaringan real secara simulasi, namun terdapat perbedaan dimana pada skenario tersebut menggunakan protokol *OSPFv2* sedangkan pada penelitian ini menggunakan protokol routing statis yang hendak diterapkan menggunakan *HTB* dan *multiple hotspot server*.

Ketiga yaitu penelitian dengan judul Analisis *Quality of Service (QoS)* Pada Jaringan Internet Dengan Metode *Fixed Daily Measurement Interval (FDMI)* dan *Non FDMI* Studi Kasus: UGM-Hotspot Pascasarjana Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada tahun 2015 oleh S2 Ilmu Komputer UGM. Pada penelitian tersebut dihasilkan bahwa metode *FDMI* lebih mewakili rata – rata performa maksimal jaringan dalam melayani besar trafik pengguna internet dan variasi parameter layanan dan lebih cocok diterapkan pada jaringan yang memiliki tingkat aktifitas pengguna yang signifikan dari waktu ke waktu dan parameter layanan yang bervariasi sehingga dapat tercapai kebijakan yang tepat sebagai optimalisasi pelayanan jaringan internet tetapi memiliki kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama yaitu 30 pengamatan trafik dan 30 hari pengukuran parameter (Muhammad Diponegoro, 2015) [10]. Pada penelitian ketiga belum terdapat optimalisasi sasaran pengguna yang menyebabkan harus dilakukan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan optimalisasi jaringan dan tinjauan analisis setelahnya yang dalam penelitian ini dilakukan dalam bentuk simulasi *HTB* di Institut Shanti Bhuana.

Sebagai pengujian pada penelitian ini digunakan *QoS*. *QoS* atau *Quality of Service* merupakan standarisasi internasional untuk teknik pengukuran tentang layanan jaringan dengan mendefinisikan dari sifat atau karakteristik jaringan itu sendiri kepada end user. Pada penerapannya beberapa standarisasi dapat digunakan untuk mengukur nilai dari parameter sebuah jaringan yang berjalan seperti *TIPHON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks)* dan *ITU-T*. *ITU-T* merupakan kepanjangan dari *International Telecommunication Union Telecommunication Sector* juga membuat beberapa standar

untuk *voice coding* yang direkomendasikan untuk implementasi jaringan berbasis *VoIP* (Suryo Aji, 2016) [11].

Tujuan utama dari *QoS* adalah kemampuan suatu jaringan dalam menjamin pengiriman arus data penting yang menentukan tingkat kepuasan suatu layanan (Eda Genc, 2018) [12]. Contoh parameter dari beberapa pengukuran untuk kualitas dari layanan jaringan tersebut antara lain yaitu

a. *Throughput*

Throughput pada *QoS* merupakan *bandwidth* total sebenarnya yang di ukur dengan satuan waktu tertentu yang digunakan untuk melakukan transfer data dengan ukuran tertentu [13].

b. *Bandwidth*

Bandwidth pada *QoS* merupakan hasil *upload* dan *download* yang diukur dalam satuan waktu tertentu untuk melakukan *download file* dan *upload file* dengan ukuran tertentu.

c. *Delay*

Delay pada *QoS* merupakan waktu yang dibutuhkan suatu packet untuk menempuh jarak dari asal hingga ke tujuan sehingga menciptakan waktu tunda. *Delay* pada *QoS* umumnya dipengaruhi oleh jarak transmisi, media fisik atau perangkat, kongesti dan juga waktu proses yang lama sehingga mengakibatkan packet tidak sampai ketujuan tepat waktu [14].

d. *Jitter*

Jitter merupakan variasi dari nilai *delay*. *Jitter* pada *QoS* merupakan variasi waktu *delay* yang dipengaruhi oleh nilai beban trafik dan tumpukan antar *packet* dalam sebuah jaringan [15].

e. *Packet Loss*

Packet loss pada *QoS* merupakan pengukuran jumlah total dari *packet* yang hilang dalam suatu jaringan. Penyebab terjadinya *packet loss* adalah banyaknya tabrakan antar *packet* maupun penurunan *packet* yang disebabkan oleh habisnya *TTL (Time To Live)* dalam sebuah jaringan [16].



Gambar 2. Infrastruktur jaringan di tahun 2016-2019.

Pada gambar 2 diperlihatkan modem 10 Mbps dan satu buah router RB 450G dengan terkoneksi ke server web. Hal ini juga dibuktikan dengan analisis *interface port ethernet* yang digunakan pada gambar 3.



Gambar 3. Model *interface* jaringan tahun 2015-2019

Kecilnya *bandwidth* yang dibagi sering dikeluhkan pada beberapa pengguna baik *stakeholder*, dosen maupun mahasiswa, oleh sebab itu dilakukan perbaikan optimalisasi keseluruhan dengan perombakan jaringan,, *manage bandwidth*, hingga pemisahan jalur *backbone* administrasi dan ruang publik.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Analisis Jaringan Kampus

Jaringan kampus pada tahun 2016-2019 menerapkan model antrian *simple queue* yang terdiri dari

1. 1 buah *ip* publik dengan 1 buah modem 10 Mbps
2. Manajemen *bandwidth simple queue*
3. *Hotspot login*
4. User meliputi Staff dan Dosen saja
5. 1 Buah server
6. 6 buah *access point wireless* untuk 3 lantai.

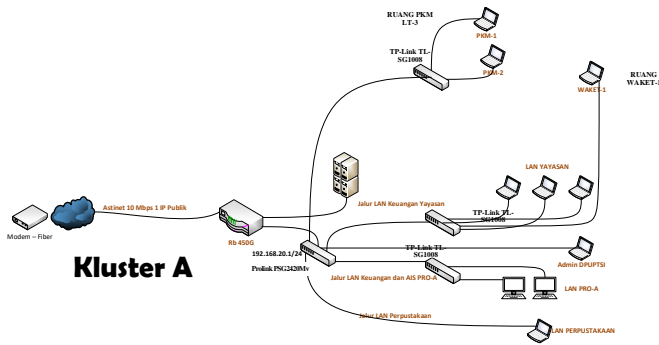
Penggunaan jaringan dengan *bandwidth up to 10 Mbps* membuat sering terjadi kongesti ketika user mencapai 50an. Namun hal ini diatasi sementara dengan *manage bandwidth* sebesar per dosen dan staff 15-150 Kbps tentu akan menyulitkan ketika hendak dilakukan proses *download* ataupun *upload*. Susunan model dapat dilihat pada gambar 2.

B. Desain Optimalisasi Jaringan

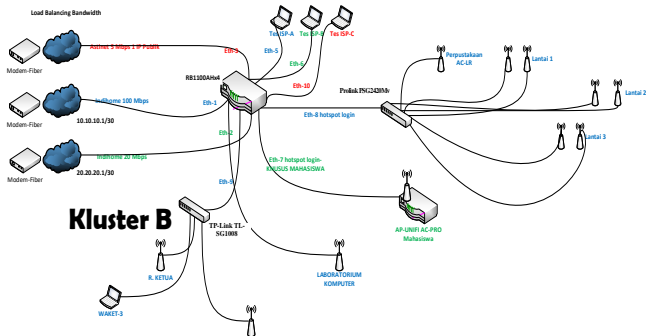
Berdasarkan hasil analisa maka dilakukan beberapa perombakan antara lain sebagai berikut

1. Pemisahan jalur administrasi dan jalur publik
2. Penambahan *backbone router* pada jalur publik
3. Penambahan *bandwidth*
4. Manajemen *bandwidth*
5. Penambahan *Access Point*
6. Penambahan modem 100 Mbps sebagai *backbone* utama
7. Penambahan modem 20 Mbps sebagai backup
8. Penambahan modem 5 Mbps publik untuk keperluan remote jaringan dan virtualisasi server.

Desain pemisahan jalur dan penambahan *backbone* dapat dilihat pada gambar 4 untuk kluster administrasi berbasis LAN dan gambar 5 kluster pengguna publik WLAN dan LAN.



Gambar 4. Desain Jalur Kluster A



Gambar 5. Desain Jalur Kluster B

Pembagian jalur jaringan meliputi jalur Kluster A untuk kebutuhan administrasi, server, keuangan dengan 10 Mbps, serta koneksi jaringan LAN. Sedangkan Kluster B menggunakan jalur utama 100 Mbps untuk bandwidth kebutuhan publik, 20 Mbps sebagai cadangan dan penggunaan wifi ruang tunggu kampus, serta 5 Mbps sebagai remote, CCTV, hingga keperluan pelatihan virtualisasi server.

Beberapa perombakan melibatkan penambahan perangkat antara lain sebagai berikut

1. Backbone RB 1100 Ahx4
2. Switch Manage Prolink 24 Port
3. Unifi AC Pro
4. Unifi AC LR
5. Unifi AC Lite.

Penambahan modem dan router sistem jaringan dapat dilihat implementasi perangkat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Penambahan modem 100 Mbps, 20 Mbps, dan 5 Mbps disertai ip publik



Gambar 7. Penambahan router, switch manageable, dan AP Unifi untuk keperluan konfigurasi sistem jaringan

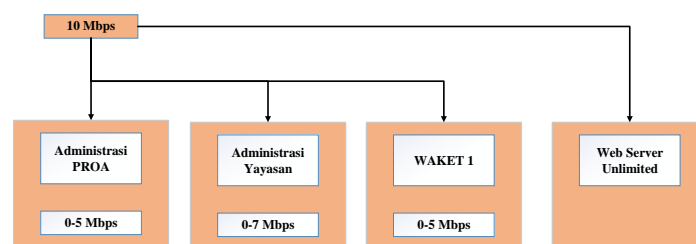
Pada gambar 7 untuk keperluan konfigurasi maka perangkat terlebih dahulu dilakukan konfigurasi satu persatu dari backbone hingga ke switch manageable dan access point Unifi. Implementasi syntax dilakukan pada routerboard 1100 Ahx4.

C. Desain Manajemen Bandwidth

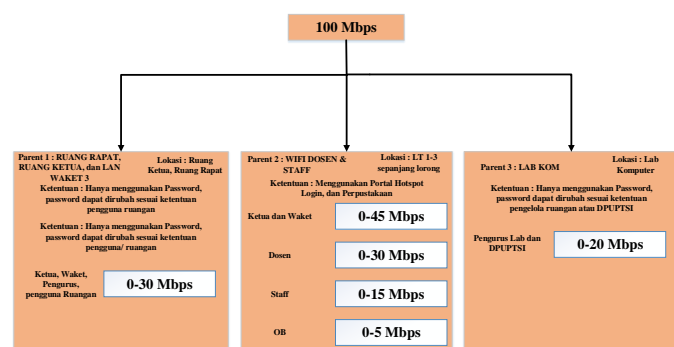
Pembagian bandwidth dilakukan berdasarkan hirarki pengguna yaitu

1. Stakeholder atau pimpinan
2. Dosen
3. Staff
4. Mahasiswa
5. Tamu

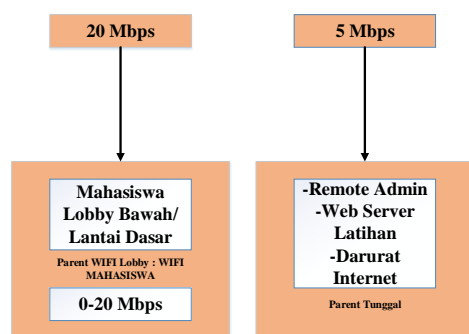
Pembagian rinci dapat dilihat pada gambar 8 pada jalur administrasi, dan gambar 9 pada jalur publik 100 Mbps, serta gambar 10 jalur backup mahasiswa 20 Mbps dan CCTV maupun server 5 Mbps.



Gambar 8. Pembagian bandwidth jalur administasi LAN



Gambar 9. Pembagian bandwidth jalur publik 100 Mbps



Gambar 10. Pembagian bandwidth jalur 20 Mbps dan 5 Mbps

D. Implementasi HTB

Implementasi mekanisme HTB dibagi menjadi tiga bagian utama yaitu

1. Implementasi Mangle

Penandaan paket dilakukan untuk menentukan paket yang hendak dilakukan limitasi baik paket Tx maupun Rx. Model *syntax* konfigurasi yang digunakan adalah sebagai berikut pada konfigurasi 1. Penandaan paket dilakukan pada koneksi ISP-A, ISP-B, hingga ISP-C. Load balance pada teknik ini diterapkan untuk setiap paket yang dilewatkan sesuai portnya dapat teralokasi sesuai kebutuhan seperti halnya ether 7 menggunakan ISP-B dan ether 8 menggunakan ISP-A.

Konfigurasi 1. Mangle

```
add action=mark-connection chain=prerouting
connection-mark=no-mark \
in-interface=ether1 new-connection-mark=ISP-
A_conn
add action=mark-routing chain=output connection-
mark=ISP-A_conn \
new-routing-mark=via-ISP-A
add action=mark-connection chain=prerouting
connection-mark=no-mark \
in-interface=ether2 new-connection-mark=ISP-
B_conn
add action=mark-routing chain=output connection-
mark=ISP-B_conn \
new-routing-mark=via-ISP-B
add action=mark-connection chain=prerouting
connection-mark=no-mark \
in-interface=ether3 new-connection-mark=ISP-
C_conn
add action=mark-routing chain=output connection-
mark=ISP-C_conn \
new-routing-mark=via-ISP-C
add action=mark-routing chain=prerouting new-
routing-mark=via-ISP-A \
passthrough=yes src-address-list=Group-A
add action=mark-routing chain=prerouting new-
routing-mark=via-ISP-B \
passthrough=yes src-address-list=Group-B
add action=mark-routing chain=prerouting new-
routing-mark=via-ISP-C \
passthrough=yes src-address-list=Group-C
add action=mark-packet chain=prerouting comment=ICMP
new-packet-mark=icmp \
passthrough=no protocol=icmp
add action=mark-packet chain=postrouting new-packet-
mark=icmp passthrough=no \
protocol=icmp
add action=mark-packet chain=postrouting
comment="wifi Hotspot eth7" \
dst-address=70.70.70.0/24 new-packet-
mark=wifihotpsoteth7-Download \
out-interface=ether7 passthrough=no
protocol=!icmp
add action=mark-packet chain=prerouting in-
interface=ether7 new-packet-mark=\
wifihotpsoteth7-Upload passthrough=no
protocol=!icmp src-address=\
70.70.70.0/24
add action=mark-packet chain=postrouting
comment="wifi Hotspot eth8" \
dst-address=192.168.20.0/23 new-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Download \
out-interface=ether8 passthrough=no protocol=!icmp

add action=mark-packet chain=prerouting in-
interface=ether8 new-packet-mark=\
wifihotpsoteth8-Upload passthrough=no
protocol=!icmp src-address=\
192.168.20.0/23
```

2. Implementasi Hotspot Queue

Hotspot *queue* digunakan untuk meneruskan *mangle* yang sudah dikonfigurasi, penggunaan *queue* pada *hotspot* memudahkan pengguna ketika *login*, dapat langsung terlimit dan teralokasi CIR (*Committed Information Rate*) maupun MIR (*Maximum Information Rate*). Model konfigurasi yang diimplementasikan dapat dilihat pada konfigurasi 2.

Konfigurasi 2. *Queue Hotspot*

```
/ip hotspot user profile
add address-pool=hs-pool-7 keepalive-timeout=8h mac-
cookie-timeout=1d name=\
  mhs shared-users=220 status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-7 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth7-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=mahasiswa \
  outgoing-packet-mark=wifihotpsoteth7-Download
rate-limit=\
  "20M/20M 0/0 0/0 0/0 8 10M/10M" shared-users=220
status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-8 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=staff_dan_pkm \
  outgoing-packet-mark=wifihotpsoteth8-Download
rate-limit=\
  "35M/35M 0/0 0/0 0/0 7 10M/10M" shared-users=90
status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-8 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=dosen \
  outgoing-packet-mark=wifihotpsoteth8-Download
rate-limit=\
  "45M/45M 0/0 0/0 0/0 6 39M/39M" shared-users=60
status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-8 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=romo_suster \
  outgoing-packet-mark=wifihotpsoteth8-Download
rate-limit=\
  "50M/50M 0/0 0/0 0/0 5 40M/40M" shared-users=20
status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-8 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=ob outgoing-packet-mark=\
  wifihotpsoteth8-Download rate-limit="5M/5M 0/0
0/0 0/0 8 4M/4M" \
  shared-users=8 status-autorefresh=8h
add address-pool=hs-pool-8 incoming-packet-
mark=wifihotpsoteth8-Upload \
  keepalive-timeout=8h mac-cookie-timeout=1d
name=pk1 outgoing-packet-mark=\
  wifihotpsoteth8-Download rate-limit="5M/5M 0/0
0/0 0/0 8 4M/4M" \
  shared-users=5 status-autorefresh=8h
```

3. Implementasi *Queue* pada *Queue Tree*

Implementasi *HTB* pada sisi bucket size dilakukan pada *queue* khususnya *queue tree*, pada bagian ini sistem antrian dibatasi per user hanya ketika user mencapai kapasitas maksimal yaitu jika pada jaringan umum /23, sedangkan pada segmen lainnya beberapa diterapkan /25, /26 dan /27. Model *HTB* pada *queue tree* yang diterapkan dapat dilihat pada konfigurasi 3. Model antrian yaitu modifikasi *PCQ* dengan *bucket size 2.0*.

Konfigurasi 3. *Queue Tree* pada *HTB*

```
/queue tree
```

```
add limit-at=512k max-limit=728k name=00-ICMP
packet-mark=icmp parent=global \
  priority=1 queue=default
add comment="118,2 GiB 2-7-20" name=01-DOWNLOAD
parent=global priority=2 \
  queue=default
add name=02-UPLOAD parent=global priority=2
queue=default
add bucket-size=2 comment="5,1 GiB 2-7-20" limit-
at=10M max-limit=20M name=\
  01-WIFI_MAHASISWA-dn parent=01-DOWNLOAD
priority=4 queue=default
add bucket-size=2 limit-at=2M max-limit=8M name=01-
WIFI_MAHASISWA-up parent=\
  02-UPLOAD priority=4 queue=default

add limit-at=10M max-limit=20M name=1-WIFIHOTSPOT-dn
packet-mark=\
  wifihotpsoteth7-Download parent=01-
WIFI_MAHASISWA-dn priority=4 queue=\
  pcq-download-default
add limit-at=2M max-limit=8M name=1-WIFIHOTSPOT-up
packet-mark=\
  wifihotpsoteth7-Upload parent=01-WIFI_MAHASISWA-
up priority=4 queue=\
  pcq-upload-default
add comment="18,8 GiB 2-7-2020" limit-at=40M max-
limit=50M name=\
  PIMPINANRAPAT-TOTAL-dn parent=01-DOWNLOAD
priority=3 queue=\
  pcq-download-default
add limit-at=38M max-limit=40M name=PIMPINANRAPAT-
TOTAL-up parent=02-UPLOAD \
  priority=3 queue=pcq-upload-default
add limit-at=40M max-limit=50M
name=PIMPINAN_RUANGRAPAT_Download packet-mark=\
  PIMPINAN_RUANGRAPAT_Download
parent=PIMPINANRAPAT-TOTAL-dn priority=3 \
  queue=default
add limit-at=38M max-limit=40M
name=PIMPINAN_RUANGRAPAT_Upload packet-mark=\
  PIMPINAN_RUANGRAPAT_Upload parent=PIMPINANRAPAT-
TOTAL-up priority=3 \
  queue=default
add comment="4622,0 MiB 2-7-2020" limit-at=13M max-
limit=17M name=\
  LABORATORIUM-UTAMA-TOTAL-dn parent=01-DOWNLOAD
priority=7 queue=\
  pcq-download-default
add limit-at=8M max-limit=12M name=LABORATORIUM-
UTAMA-TOTAL-up parent=\
  02-UPLOAD priority=5 queue=default
add limit-at=15M max-limit=16M
name=LABORATORIUM_UTAMA_Download packet-mark=\
  LABORATORIUM_UTAMA_Download parent=LABORATORIUM-
UTAMA-TOTAL-dn priority=7 \
  queue=pcq-download-default
add limit-at=8M max-limit=12M
name=LABORATORIUM_UTAMA_Upload packet-mark=\
  LABORATORIUM_UTAMA_Upload parent=LABORATORIUM-
UTAMA-TOTAL-up priority=5 \
  queue=pcq-upload-default
add bucket-size=2 comment="89,5 GiB 2-7-20" limit-
at=60M max-limit=65M name=\
  01-WIFIHOTSPOTDOSENSTAFF-dn parent=01-DOWNLOAD
queue=default
add bucket-size=2 limit-at=28M max-limit=35M
name=01-WIFIHOTSPOTDOSENSTAFF-up \
  parent=02-UPLOAD queue=default
add limit-at=60M max-limit=64M name="WIFI REKTORAT
DOSEN STAFF STAKEHOLDER" \
  packet-mark=wifihotpsoteth8-Download parent=01-
WIFIHOTSPOTDOSENSTAFF-dn \
```

```

priority=4 queue=pcq-download-default
add limit-at=25M max-limit=30M name="WIFI REKTORAT
DOSEN STAKEHOLDER" \
packet-mark=wifihotspoteth8-Upload parent=01-
WIFIHOTSPOTDOSENSTAFF-up \
priority=5 queue=pcq-upload-default

```

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada penelitian ini membandingkan hasil sistem jaringan sebelum optimalisasi, dan sistem jaringan sesudah optimalisasi. Pengujian menggunakan aplikasi *wireshark* berdasarkan kondisi sistem jaringan yang dibangun, kriteria pengujian dapat dilihat pada tabel 1. *Wireshark* merupakan aplikasi uji jaringan untuk mendapatkan nilai jitter, delay, throughput, maupun packet loss. Model pengujian sebelum optimalisasi dengan kriteria *single hotspot server*, *simple queue*, dan *CIR* atau penerapan *limit* tanpa dapat dioptimalkan. Sedangkan pada sistem jaringan setelah optimalisasi dilakukan *multiple hotspot server* dengan jalur mahasiswa dan publik, manage *HTB*, dan penerapan *MIR*.

Tabel 1. Kategori Pengujian

Nomor	Kriteria 1	Kriteria 2	Kriteria 3
Sistem Jaringan Sebelum Optimalisasi	<i>Single Hotspot Server</i>	Manajerial Bandwidth hanya dilakukan <i>Simple Queue</i> tanpa detail	Menggunakan <i>limit hotspot</i> login secara <i>CIR</i>
Sistem Jaringan Sesudah Optimalisasi	<i>Multiple Hotspot Server</i>	Manajerial Bandwidth <i>HTB</i>	Menggunakan <i>limit hotspot</i> login secara <i>MIR</i>

Pengujian pada penelitian ini menggunakan standarisasi *TIPHON* dengan melibatkan beberapa parameter ukur dan kondisi, pada parameter tolak ukur antara lain nilai *bandwidth upload download* yang digunakan, nilai *throughput*, nilai *delay*, nilai *packet loss*, nilai *jitter* dan ada tidaknya kongesti ketika jaringan dalam kondisi padat. Sedangkan kondisi yang digunakan pada pengujian melibatkan tiga kondisi yaitu pertama kondisi jaringan dimana simulasi hanya menyalakan 2 PC dengan akses *streaming youtube*, dan masing-masing download file 2 GB. Kedua menyalakan 4 buah PC bersamaan dengan *streaming youtube*, upload file masing-masing 1 GB, dan download file masing-masing 2 GB. Ketiga kondisi ini digunakan untuk menunjukkan ada tidaknya kongesti, dengan menyalakan 6 buah PC *virtual* bersamaan dengan masing-masing akses *streaming live youtube*, upload file sebesar 2 GB masing-masing, download file sebesar 4 GB masing-masing, dan membuka situs berita seperti *kompas.com* dan *detik.com*. Adapun hasil pengujian simulasi jaringan sebelum optimalisasi dapat dilihat pada tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Pengujian *Bandwidth, Throughput* dan *Delay* Jaringan Sebelum Optimalisasi

No	Kondisi	Bandwidth up/down (router gateway) TCP	Throughput (router gateway) TCP	Delay (router gateway)
1.	Kondisi 1 (2 PC virtual) <i>youtube</i> , download 2GB (15min)	1.4 Mbps / 2.3 Mbps	5 Mbps	0.024598 s = 24.598 ms
2.	Kondisi 2 (4 PC virtual) <i>youtube</i> , upload 1 GB download 2 GB (15min)	5.9 Mbps / 14.9 Mbps	16.2 Mbps	0.07682 s = 76.82 ms
3.	Kondisi 3 (6 PC virtual) (15min)	14.3 Mbps / 19.8 Mbps	21.3 Mbps	0.43251 s = 432.51 ms
Total Rerata		7.2 Mbps / 12.3 Mbps	14.16 Mbps	0.1779 s = 177.9 ms

Tabel 3. Pengujian *Packet Loss, Jitter* dan Kongesti Jaringan Sebelum Optimalisasi

No	Kondisi	Packet Loss	Jitter	Kongesti
1.	Kondisi 1 (2 PC virtual) <i>youtube</i> , download 2GB (15min)	0%	0.000013 s = 0.013 ms	0
2.	Kondisi 2 (4 PC virtual) <i>youtube</i> , upload 1 GB download 2 GB (15min)	13%	0.00392 s = 3.92 ms	0
3.	Kondisi 3 (6 PC virtual) (15min)	55%	0.56452 s = 564.52 ms	Menit ke 10 selama 543 s
Total Rerata		22.67%	189.4 ms	3.3 min selama 181 s

Sedangkan pada kondisi jaringan setelah dilakukan optimalisasi yang mana merupakan inti dari penelitian ini hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Pengujian *Bandwidth*, *Throughput* dan *Delay* Jaringan Setelah Optimalisasi *HTB*

No	Kondisi	<i>Bandwidth</i> up/down (router gateway) TCP	<i>Throughput</i> (router gateway) TCP	<i>Delay</i> (router gateway)
1.	Kondisi 1 (2 PC virtual) youtube download 2GB (15min)	90.87 Mbps / 42 Mbps	89 Mbps	0.013577 s = 13.57 ms
2.	Kondisi 2 (4 PC virtual) youtube upload 1 GB download 2 GB (15min)	92.43 Mbps / 41 Mbps	88.8 Mbps	0.06852 s = 68.52 ms
3.	Kondisi 3 (6 PC virtual) (15min)	75.7 Mbps / 41.45 Mbps	92.27 Mbps	0.12692 s = 126.92 ms
Total Rerata		86.33 Mbps / 41.48 Mbps	90.02 Mbps	0.06948 s = 69.48 ms

Tabel 5. Pengujian *Packet Loss*, *Jitter* dan Kongesti Jaringan Sesudah Optimalisasi

No	Kondisi	Packet Loss	Jitter	Kongesti
1.	Kondisi 1 (2 PC virtual) youtube download 2GB (15min)	2%	0.000004 s = 0.004 ms	0
2.	Kondisi 2 (4 PC virtual) youtube upload 1 GB download 2 GB (15min)	0%	0.00158 s = 1.58 ms	Pada menit ke 12.7 selama 20 s
3.	Kondisi 3 (6 PC virtual) (15min)	3%	0.04272 s = 42.72 ms	0

Total Rerata	1.6 %	14.768 ms	4.23 min selama 6.67
--------------	-------	-----------	----------------------

Hasil pengujian rerata *bandwidth* menggunakan aplikasi *bandwidth tester* pada *mikrotik* dan *wireshark*. Perbandingan nilai *Quality of Service* menggunakan standarisasi *TIPHON* dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7. Pada hasil perbandingan dijelaskan nilai jaringan setelah dilakukan optimalisasi jauh lebih baik dibandingkan sistem jaringan sebelum dilakukan optimalisasi dimana hanya melibatkan 10 Mbps dan tanpa melibatkan *HTB*. Pada tabel 6 dibuktikan bahwa nilai uji *bandwidth* sebelum optimalisasi didapatkan *throughput* sebesar 70.8% termasuk dalam kategori buruk, *delay* 177.9 ms termasuk dalam kategori bagus, *packet loss* 22.67% termasuk dalam kategori buruk, dan *jitter* 189.4 ms dalam kategori buruk. Sedangkan setelah dilakukan optimalisasi didapatkan nilai yang lebih baik dibuktikan pada tabel 7 dengan nilai *throughput* 95.35% dalam kategori sangat bagus, *delay* sebesar 69.48 ms dengan kategori sangat bagus, *packet loss* sebesar 1.67% dengan nilai sangat bagus, dan *jitter* sebesar 14.768 ms dengan kategori sangat bagus.

Tabel 6. Penilaian *QoS* Jaringan Sebelum Optimalisasi

No	Nilai Rata-rata Parameter	Hasil	Nilai TIPHON
1.	<i>Throughput</i>	70.8%	Indeks = 2, Buruk
2.	<i>Delay</i>	177.9 ms	Indeks = 3, Bagus
3.	<i>Packet Loss</i>	22.67%	Indeks = 1, Buruk
4.	<i>Jitter</i>	189.4 ms	Indeks = 1, Buruk

Tabel 7. Penilaian *QoS* Jaringan Sesudah Optimalisasi

No	Nilai Rata-rata Parameter	Hasil	Nilai TIPHON
2.	<i>Throughput</i>	95.35%	Indeks = 4, Sangat Bagus
3.	<i>Delay</i>	69.48 ms	Indeks = 4, Sangat Bagus
4.	<i>Packet Loss</i>	1.67%	Indeks = 4, Sangat Bagus
5.	<i>Jitter</i>	14.768 ms	Indeks = 3, Bagus

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil implementasi dan pengujian sistem jaringan *HTB* pada Gedung Rektorat Institut Shanti Bhuana didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Sistem *HTB* dapat diimplementasikan pada jaringan rektorat Institut Shanti Bhuana dari sebelumnya *simple queue*.
2. Nilai sesudah optimalisasi jauh lebih baik daripada sebelum dilakukan optimalisasi meliputi *throughput* dari 70.8% menjadi 95.35%, *delay* dari 177.9 ms menjadi 69.48 ms,

packet loss dari 22.67% menjadi 1.67% dan *jitter* dari 189.4 ms menjadi 14.768 ms.

3. Implementasi *HTB* melibatkan *mangle*, *hotspot queue*, dan *queue tree* pada penelitian ini.

Pada penelitian lebih lanjut dapat dikembangkan penambahan metode pada antrian selain *HTB*, seperti *CBQ*, *PCQ*, *SFQ*, hingga *GKVQ* (*Gibbens Kelly Virtual Queue*) untuk membuktikan hasil yang lebih baik, serta pengujian selain *QoS*.

REFERENSI

- [1] Bhuana, T. P. I. S. (2020). *Buku Panduan Akademik Tahun Ajaran 2020/2021* (1st ed.). Institut Shanti Bhuana.
- [2] Towidjojo, R. (2016). *Mikrotik Kungfu Kitab 1* (Kedua). Jasakom.
- [3] Towidjojo, R. (2016). *Mikrotik Kungfu Kitab 2* (Kedua). Jasakom.
- [4] Towidjojo, R. (2016). *Mikrotik Kungfu Kitab 3*. Jasakom.
- [5] D. Iswadi, R. Adriman and R. Munadi, "Adaptive Switching PCQ-HTB Algorithms for Bandwidth Management in RouterOS," 2019 IEEE International Conference on Cybernetics and Computational Intelligence (CyberneticsCom), 2019, pp. 61-65, doi: 10.1109/CYBERNETICSCOM.2019.8875679.
- [6] Towidjojo, R. (2013). *Konsep dan Implementasi Routing Dengan Router Mikrotik 200% Connected* (1st ed.). Jasakom.
- [7] Rendra Towidjojo, M. E. F. (2015). *Router MikroTik Implementasi Wireless LAN Indoor*. Jasakom.
- [8] Darsono, T. A. (2017). *Analisis Kinerja Jaringan Penghubung Antar Gedung Menggunakan WiFi* (Studi Kasus : Universitas Musamus Merauke). Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [9] Muhlis Muhallim. (2017). *Pengembangan Jaringan Komputer Universitas Andi Djemma Palopo Berdasarkan Perbandingan Jaringan Protokol Routing Statik dan OSPFv2*. Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- [10] Muhammad Diponegoro. (2015). *Analisis Quality of Service (QoS) pada Jaringan Internet Dengan Metode Fixed Daily Measurement Interval (FDMI) dan non (FDMI) Studi Kasus : UGM-Hotspot Pascasarjana Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada*.
- [11] B. Rikic, D. Samardžija, O. Čadovski and T. Maruna, "Cellular network bandwidth prediction in consumer applications," 2021 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), 2021, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICCE50685.2021.9427757.
- [12] Eda Genc, P. R. J. M. S. 2018. *Wi-Fi QoS improvements for industrial automation*. Aalto University.
- [13] J. Bae, J. Seo, Y. Kim, J. Lee, N. Hur and H. M. Kim, "Research on scalable bandwidth transmission for digital terrestrial TV broadcasting," 2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), 2017, pp. 1092-1095, doi: 10.1109/ICTC.2017.8190864.
- [14] S. Sarmah and S. K. Sarma, "A Novel Approach to Prioritized Bandwidth Management in 802.11e WLAN," 2019 IEEE 5th International Conference for Convergence in Technology (I2CT), 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/I2CT45611.2019.9033871.
- [15] L. Li, Y. Zhao and R. Li, "Enabling Work-Conserving Bandwidth Guarantees for Multi-tenant Datacenters with Network Support," 2018 IEEE 4th International Conference on Computer and Communications (ICCC), 2018, pp. 331-335, doi: 10.1109/CompComm.2018.8780878.
- [16] G. M. Khan, R. Arshad, S. A. Mahmud and F. Ullah, "Intelligent Bandwidth Estimation for Variable Bit Rate Traffic," in *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, vol. 19, no. 1, pp. 151-155, Feb. 2015, doi: 10.1109/TEVC.2013.2285122.