

Implementasi Manajemen *Bandwidth Hierarchical Token Bucket* (HTB) Menggunakan Metode *Network Development Life Cycle* (NDLC)

Moh.Asy Syam Iriansyah Prayitno¹, Miftahur Rahman², Dewi Lusiana Pater³

¹Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember, syamrian.sr@gmail.com

²Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember, miftahurrahman@unmuhjember.ac.id

³Sistem Informasi, Universitas Muhammadiyah Jember, dewilusiana@unmuhjember.ac.id

Keywords:

Computer Network, Bandwidth Management, HTB, NDLC, QoS.

ABSTRACT

SMKN 1 Klakah is one of the educational institutions in Kab. Lumajang requires an internet network to support the learning process for teachers or students. With adequate internet, it can make it easier for teachers and students to access learning materials. There are times when using the SMKN 1 Klakah Internet network causes poor Internet performance when users access the Internet simultaneously. In addition, the download and upload volume for each user is not distributed evenly, so bandwidth management is required. One method that can stabilize the distribution of bandwidth is the Hierarchical Token Bucket (HTB) method. The research was conducted based on the Network Development Life Cycle (NDLC) model with 6 stages, namely: analysis, design, simulation prototyping, implementation, monitoring and management. Resulting in research that the implementation of the HTB method for bandwidth management in the SMKN 1 Klakah Computer Network Lab was successfully implemented. It was proven that when testing the bandwidth it was in accordance with the specified limit. Also when the QoS test was carried out it was in the good category, as evidenced by the QoS test results on the delay parameters with a value of 5,6 ms, jitter with a value of 4,04 ms, throughput with an average value of 0,921 Mbit, and packet loss with a value of 0%.

Kata Kunci:

Jaringan Komputer, Manajemen Bandwith, *HTB*, *NDLC*, *QoS*.

ABSTRAK

SMKN 1 Klakah merupakan salah satu lembaga pendidikan yang berada di Kab. Lumajang yang membutuhkan jaringan internet untuk menunjang proses pembelajaran bagi guru atau murid. Dengan adanya internet yang memadai, dapat memudahkan guru dan murid dalam mengakses materi pembelajaran. Ada kalanya penggunaan jaringan Internet SMKN 1 Klakah menyebabkan kinerja Internet buruk ketika pengguna yang mengakses Internet secara bersamaan. Selain itu, volume *download* dan *upload* setiap pengguna tidak didistribusikan secara merata, sehingga diperlukan manajemen bandwidth. Salah satu metode manajemen *bandwidth* adalah menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB). Penelitian dilakukan berdasarkan model *Network Development Life Cycle* (NDLC) dengan 6 tahap yaitu: *analysis*, *design*, *simulation prototyping*, *implementation*, *monitoring* dan *management*. Menghasilkan penelitian bahwa penerapan manajemen *bandwidth* dengan metode HTB di Lab Komputer Jaringan SMKN 1 Klakah berhasil diterapkan. Terbukti saat dilakukan pengujian *bandwidth* sudah sesuai dengan limit yang sudah ditentukan. Juga saat dilakukan pengujian *QoS* masuk dalam kategori bagus, terbukti dengan hasil pengujian *QoS* pada parameter *delay* dengan nilai 5,6 ms, *jitter* dengan nilai 4,04 ms, *throughput* dengan nilai rata-rata 0,921 Mbit, dan *packet loss* dengan nilai 0%.

Korespondensi Penulis:

Miftahur Rahman,
Universitas Muhammadiyah Jember,
Jl. Karimata No. 49 Jember
Telepon : +6282316351222
Email: miftahurrahman@unmuhjember.ac.id

Submitted : 30-07-2024; Accepted : 04-09-2024;
Published : 05-09-2024

Copyright (c) 2024 The Author (s) This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

SMKN 1 Klakah merupakan salah satu lembaga pendidikan yang berada di kecamatan Klakah Kabupaten Lumajang. SMKN 1 Klakah yang membutuhkan jaringan internet untuk menunjang proses pembelajaran bagi guru atau murid. Internet merupakan suatu fasilitas dimana sebagai sumber dari segala informasi yang dapat diperoleh dari jaringan komputer yang lingkup areanya global, baik dari sektor pendidikan, medis, ekonomi, dan sosial [1]. Dengan adanya jaringan internet yang memadai, dapat memudahkan guru dan para murid dalam mengakses materi pembelajaran yang dibutuhkan. Ada kalanya penggunaan jaringan Internet SMKN 1 Klakah menyebabkan kinerja Internet buruk ketika pengguna yang mengakses Internet secara bersamaan yaitu pada waktu efektif kegiatan belajar mengajar, antara jam 08.00-14.00 WIB. Pengguna merasa kesulitan untuk menggunakan sumber daya Internet sekolah ketika koneksi mereka tidak bagus. Selain itu, volume *download* dan *upload* setiap pengguna tidak didistribusikan secara merata. Tidak adanya *bandwidth* minimum atau maksimum setiap pengguna menjadi alasannya. Oleh karena itu, kecepatan akses internet pengguna untuk *download* dan *upload* tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan pihak sekolah, yaitu sebagai berikut: 128 Kbps untuk kecepatan *download* terendah, 4 Mbps untuk kecepatan *download* maksimal, dan 128 Kbps untuk kecepatan *upload* terendah dan 4 Mbps untuk kecepatan unggah maksimum.

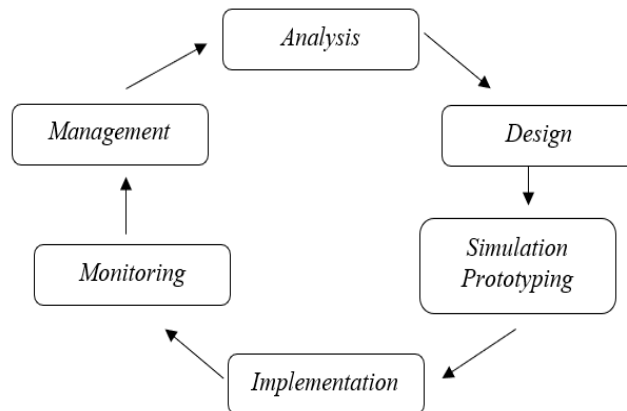
Untuk mendistribusikan *bandwidth* yang tersedia secara merata pada setiap koneksi yang terhubung, diperlukan manajemen *bandwidth* [2]. Selain itu, pengguna dapat memaksimalkan *bandwidth* yang tersedia dengan menggunakan manajemen *bandwidth* yang efektif. *Hierarchical Token Bucket* (HTB) adalah teknik yang dapat mendistribusikan *bandwidth* secara tidak merata [3]. HTB didefinisikan sebagai sejumlah token keranjang yang dikelompokkan secara hierarkis [4]. Di HTB, ada tiga jenis *class* berbeda yaitu *root*, *inner*, dan *leaf*. Pendekatan HTB dipilih karena menawarkan manfaat untuk mengklasifikasikan dan mengendalikan lalu lintas di setiap tingkat, memungkinkan tingkat yang lebih rendah untuk menggunakan atau meminjamkan *bandwidth* yang tidak digunakan pada tingkat yang lebih tinggi [5]. Oleh karena itu, pengguna aktif dapat mengkonsumsi atau meminjam *bandwidth* dari pengguna yang tidak aktif. Membatasi peringkat unduhan dan unggahan *client* adalah penggunaan yang bagus untuk HTB.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Ichwan, dkk (2018) dengan judul *Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22* menunjukkan bahwa dengan penerapan pendekatan HTB untuk kontrol *bandwidth*, parameter *throughput* meningkat sebesar 13,3415% di Facebook.com dan 2,7746% pada perangkat pengukuran CNN.com. Di CNN.com, Facebook.com, dan mail.yahoo.com, parameter *packetloss* turun masing-masing sebesar 13%, 17%, dan 16%. Di Facebook.com, parameter penundaan turun dari 135 ms menjadi 41 ms, sedangkan di Mail.yahoo.com turun dari 108 ms menjadi 90 ms. Nilai indeks akhir adalah 2,89, naik dari 2,33 [6]. Penelitian lain yang dilakukan oleh [7] dengan judul *Implementasi Manajemen Bandwidth Router Mikrotik Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) di SMK Bina Mandiri*, temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan HTB dapat mengontrol konsumsi *bandwidth* setiap pengguna untuk *browsing*, *streaming*, dan *download*. Dengan menggunakan pendekatan HTB, rerata *bandwidth download* sebesar 420.743 Kbps dan rerata *stream* sebesar 316.727 Kbps sudah memenuhi persyaratan sekolah.

Infrastruktur jaringan komputer SMKN 1 Klakah dibangun dengan baik. Namun, ada permasalahan yang perlu diperbaiki seperti belum adanya manajemen *bandwidth* untuk mengontrol pembatasan pengguna, yang berupaya menjamin bahwa semua pengguna dapat mengakses internet tanpa kesulitan meskipun menggunakannya secara bersamaan. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan infrastruktur jaringan komputer yang ada saat ini, SMKN 1 Klakah harus merancang jaringan baru dengan menggunakan model *Network Development Life Cycle* (NDLC). NDLC merupakan suatu metode yang digunakan dalam merancang infrastruktur jaringan yang memungkinkan terjadinya pemantauan jaringan untuk mengetahui kinerja jaringan yang lebih efektif [8][9][10]. Supaya infrastruktur yang dibangun dipastikan berjalan dengan baik, sehingga diperlukan analisis kualitas jaringan menggunakan *Quality of Service* (QoS). QoS merupakan sekumpulan teknologi yang bekerja pada jaringan untuk memastikan kemampuannya dalam menyediakan layanan jaringan komputer dengan kualitas yang baik [11].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan berdasarkan model *Network Development Life Cycle* (NDLC). Penelitian ini dapat diselesaikan dalam enam langkah, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini:



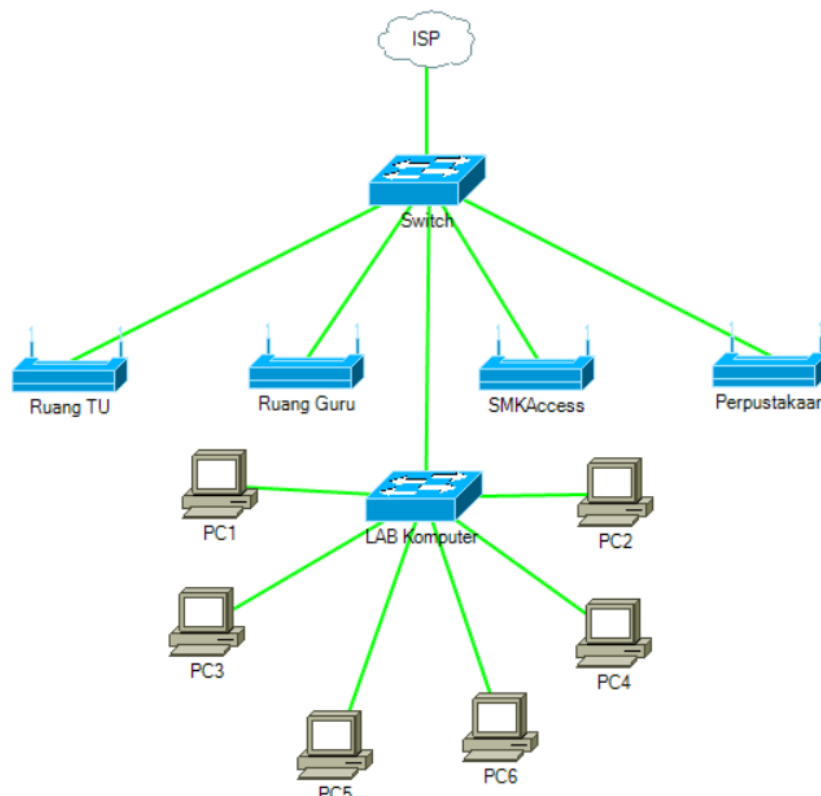
Gambar 1. Model NDLC [8]

2.1 Analysis

Tahap ini adalah menganalisis permasalahan jaringan internet yang ada pada SMKN 1 Klakah. Infrastruktur jaringan internet yang sudah dibangun memiliki perangkat seperti: sumber internet/ISP dengan kapasitas *bandwidth* 200 Mbps yang didistribusikan secara langsung terhadap 4 (empat) *access point*: Ruang TU, Ruang Guru, SMKAccess, Perpustakaan, dan ke LAB Komputer secara LAN dengan rincian:

- a. AP Ruang TU terdapat 15-30 User
- b. AP Ruang Guru terdapat 40-60 User
- c. AP Ruang Perpustakaan 30-50 User
- d. AP SMKAccess diatas 100 User
- e. LAB Komputer dibangun dengan dengan kabel LAN dengan 33 User

Berikut topologinya:

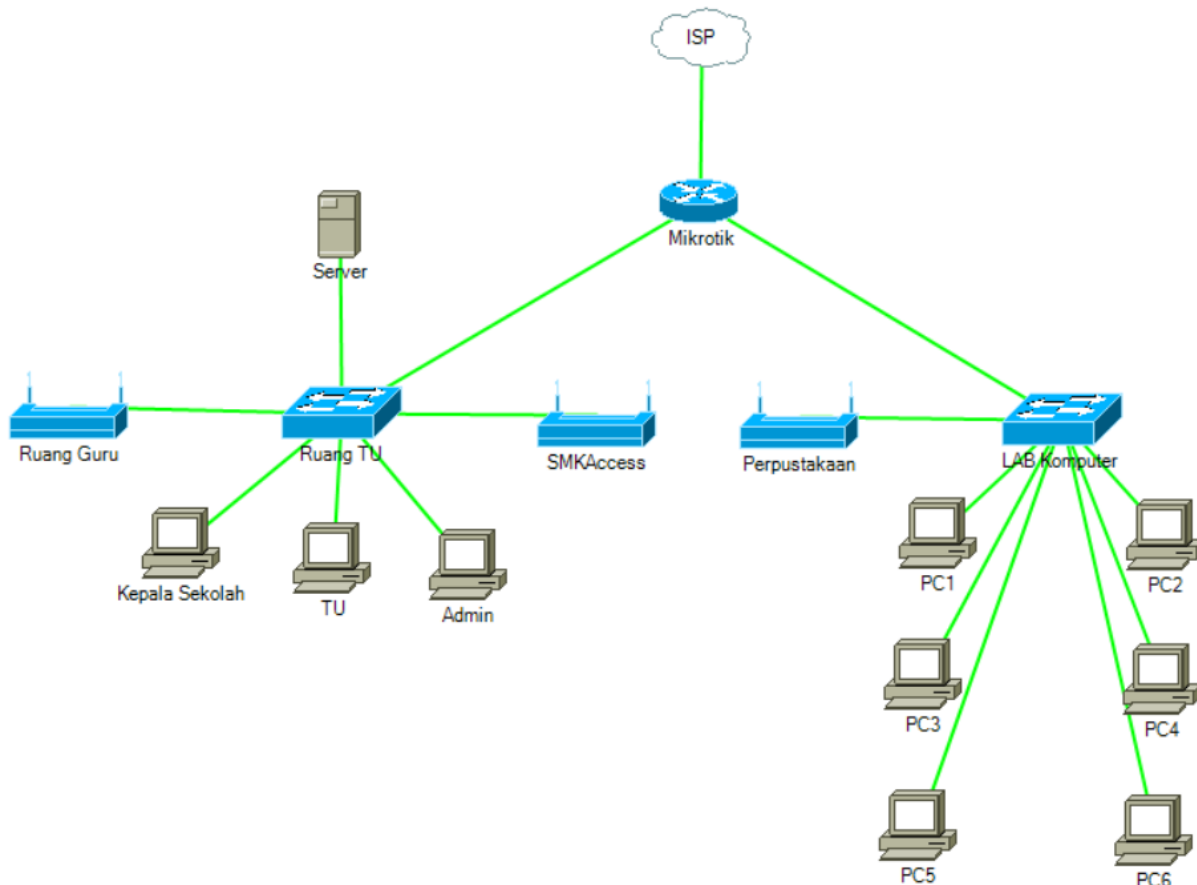


Gambar 2. Topologi Sebelum Diperbarui

Dari infrastruktur jaringan di atas belum menerapkan *management bandwidth*, sehingga pengguna internet sering mengalami *buffering* ketika digunakan secara bersamaan, hal ini dikarenakan terjadi perebutan *bandwidth*. Oleh karena itu, dari permasalahan ini perlu dilakukan manajemen *bandwidth*, pada penelitian ini menerapkan metode *Hierarchical Token Bucket* (HTB).

2.2 Design

Setelah analisis masalah, tahap berikutnya adalah proses desain topologi dengan menerapkan metode HTB, setelah itu metode HTB digunakan untuk melakukan manajemen *bandwidth*. Pada penelitian ini implementasi HTB dan uji coba dilakukan pada *traffic* jaringan menuju Lab. Komputer. Teknik pengelompokan antrian atau antrian yang disebut HTB berguna dalam mengelola berbagai jenis lalu lintas. Pengelolaan *bandwidth* akan lebih mudah dilakukan secara efektif sehingga pemanfaatannya maksimal bila diklasifikasi ke dalam kelas-kelas dan dilakukan secara hirarki, seperti yang dilakukan HTB dalam mengontrol distribusi *bandwidth*. Berikut gambar topologi infrastruktur jaringan SMKN Klakah setelah diperbarui:



Gambar 2. Topologi Setelah Diperbarui

Pembagian alokasi *bandwidth* dari ISP (Indihome) sebesar 200 Mbps pada topologi diatas ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Alokasi *Bandwidth*

No	Pengguna	Jumlah Pengguna	Alokasi Bandwidth
1	Ruang Tata Usaha	15-30 User	1 Mbps – 5 Mbps
2	Perpustakaan	30-50 User	1 Mbps – 3 Mbps
3	Ruang Guru	40-60 User	256 Kbps – 3 Mbps
4	SMKAccess (Siswa)	Diatas 100 User	128 Kbps – 1 Mbps
5	Lab. Komputer	33 User	128 Kbps – 4 Mbps

2.3 Simulation Prototyping

Untuk memperoleh pemahaman dasar tentang proses komunikasi, konektivitas, dan mekanisme pengoperasian interkoneksi seluruh aspek sistem yang akan dihasilkan, langkah-langkah berikutnya adalah membuat prototipe sistem yang akan dibangun. Simulasi dilakukan secara langsung pada Lab. Komputerdengan melibatkan 7 PC untuk uji coba, meliputi: pengujian sebelum dan setelah menerapkan manajemen *bandwidth* HTB, serta pengujian QoS.

2.4 Implementation

Pada tahapan ini akan menerapkan seluruh tahapan yang sudah dirancang sebelumnya, seberapa besar pengaruh pembangunan yang dibangun terhadap sistem yang ada. Pada tahap ini, peneliti mengkonfigurasi manajemen *bandwidth* HTB.

2.5 Monitoring

Monitoring dilakukan untuk memastikan jaringan yang sudah dibangun dapat berjalan dengan baik. Pada tahap ini peneliti akan melakukan analisis QoS. QoS merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis [12]. Dalam menentukan kualitas jaringan diperlukan parameter pendukung, seperti: *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

a. Throughput

Kecepatan rata-rata data yang diterima suatu node dalam selang waktu pengamatan tertentu disebut *throughput*. Tabel 2 menunjukkan standarisasi *throughput* berdasarkan TIPHON:

Tabel 2. Standarisasi *Throughput*

Indeks	Troughput (%)	Kategori
4	>2,1 Mbit	Sangat Bagus
3	1,2 Mbit s.d 2,1 Mbit	Bagus
2	0,7 Mbit s.d 1,2 Mbit	Sedang
1	0 ms s.d 0,7 Mbit	Buruk

(Sumber: TIPHON)

Berikut persamaan dari parameter *throughput*:

$$Throughput = \frac{\text{Paket data yang diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \tag{1}$$

b. Delay

Lamanya waktu yang diperlukan data untuk berpindah dari asal ke tujuan. Waktu pemrosesan yang lama, media fisik, kemacetan transportasi, dan jarak semuanya dapat mempengaruhi *delay* (*latency*). Standarisasi *delay* ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 3. Standarisasi *Delay*

Indeks	Delay (ms)	Kategori
4	<150 ms	Sangat Bagus
3	150 ms s.d 300 ms	Bagus
2	300 ms s.d. 450 ms	Sedang
1	>450 ms	Buruk

(Sumber: TIPHON)

Berikut persamaan dari parameter *delay*:

$$Delay = \frac{\text{Packet length}}{\text{Link Bandwidth}} \tag{2}$$

c. Jitter

Jitter disebabkan oleh beberapa variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu pengumpulan ulang paket-paket diakhir perjalanan *jitter*. Berikut tabel kategori *jitter*:

Tabel 4. Kategori *Jitter*

Indeks	Jitter (%)	Kategori
4	0 ms	Sangat Bagus
3	0 ms s.d 75 ms	Bagus
2	75 ms s.d. 125 ms	Sedang
1	12 ms s.d 225 ms	Buruk

(Sumber: TIPHON)

Berikut persamaan dari parameter *jitter*:

$$Jitter = \frac{\text{total variasi delay}}{\text{total paket yang diterima}} \tag{3}$$

$$\text{Total variasi delay} = \text{delay} - (\text{rata} - \text{rata delay}) \tag{4}$$

d. *Packet Loss*

Parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang *lost* dapat terjadi karena *congestion* dan *collision* pada suatu jaringan. Berikut tabel kategori *packet loss*:

Tabel 5. Kategori *Packet Loss*

Indeks	Packet Loss(%)	Kategori
4	0	Sangat Bagus
3	3	Bagus
2	15	Sedang
1	25	Buruk

(Sumber: TIPHON)

Berikut persamaan dari parameter *packet loss*:

$$Packet\ Loss = \frac{(Paket\ data\ dikirim - Paket\ data\ diterima) \times 100\%}{Paket\ yang\ dikirim} \tag{5}$$

2.6 *Managemet*

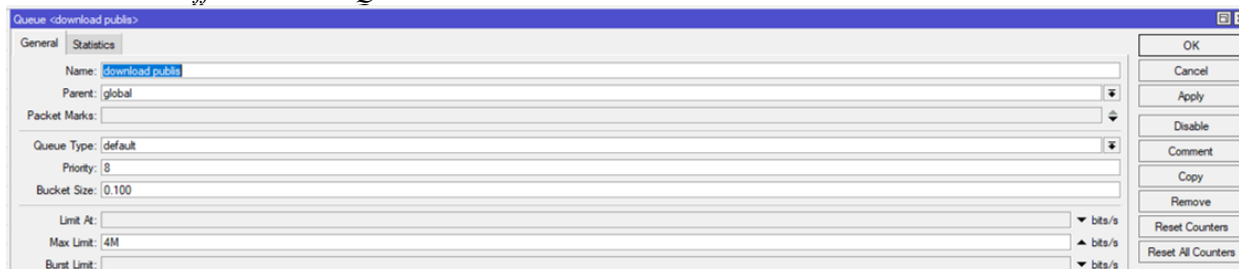
Pada tahap ini adalah manajemen, dalam hal ini mengarah pada pemeliharaan terhadap infrastruktur jaringan yang sudah dibangun agar tetap berjalan dengan baik.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1 Hasil

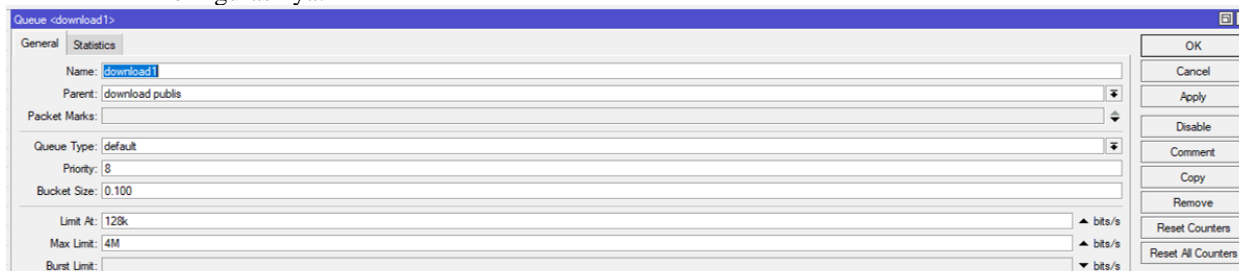
Konfigurasi HTB menggunakan *queue tree*. Pengaturan *queue tree* untuk parameter prioritas dan *burst* sama dengan konfigurasi *queue simple*. *Queue tree* adalah konfigurasi *queue one way*, yang berarti hanya mampu melakukan *queue* terhadap trafik searah. Dengan demikian, jika sebuah konfigurasi *queue* pada *queue tree* bertujuan untuk melakukan *queue* terhadap *bandwidth download*, maka konfigurasi tersebut tidak akan melakukan *queue* terhadap *bandwidth upload*, dan sebaliknya. Untuk mengatur trafik *upload* dan *download* dari komputer *client*, perlu dibuat dua konfigurasi *queue*. Proses terpenting untuk mengkonfigurasi HTB adalah membuat *queue tree* internal, juga dikenal sebagai *parent*. Karena *queue tree* bersifat satu arah, perlu dibuat dua *configuration* untuk *traffic download* dan *upload*.

a. Konfigurasi *Traffic Download*. Gambar 4 dibawah ini menunjukkan bagaimana mengkonfigurasi *Traffic Download Queue Parent*.



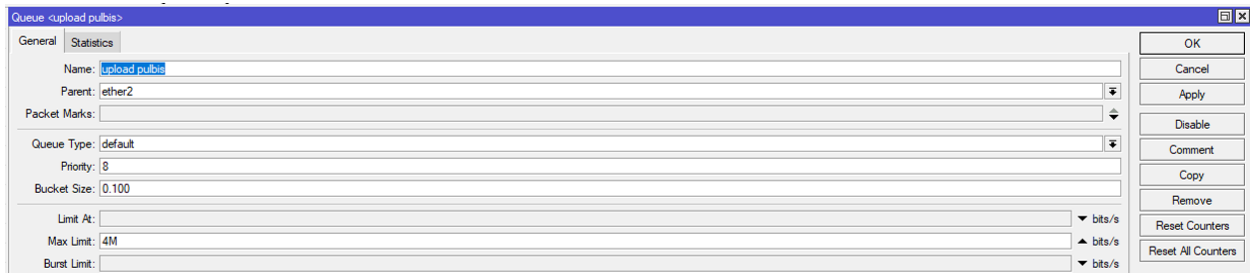
Gambar 4. Konfigurasi *Parent Queue Traffic Download*

Setelah melakukan konfigurasi *queue* internal atau *parent* untuk trafik *download*, langkah berikutnya adalah mengkonfigurasi *queue child* untuk trafik *download*. Berikut gambar hasil konfigurasinya:



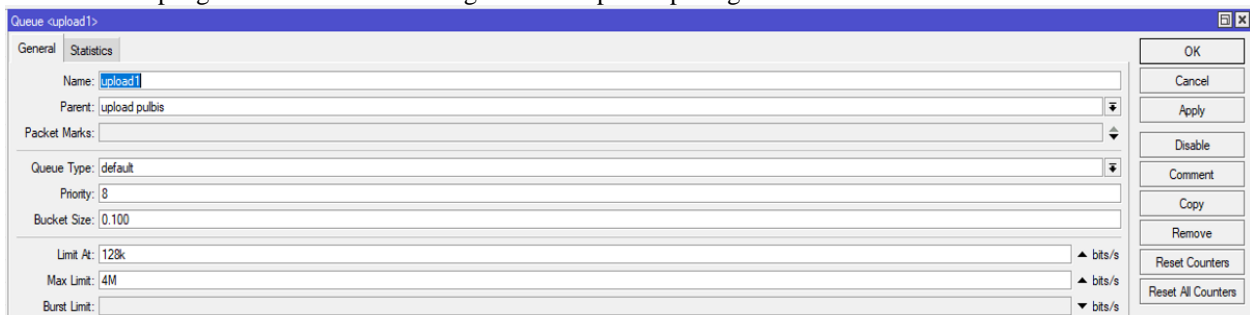
Gambar 5. Konfigurasi *Child Queue Traffic Download*

b. Konfigurasi *Traffic Upload*. Gambar 6 dibawah ini menunjukkan cara mengkonfigurasi trafik *upload queue parent*.



Gambar 6. Konfigurasi Parent Queue Traffic Upload

Setelah melakukan konfigurasi *queue parent* untuk pengiriman *traffic*, *queue child* untuk pengiriman trafik hasil konfigurasi ditampilkan pada gambar berikut ini:



Gambar 7. Konfigurasi Child Queue Traffic Upload

Setelah melakukan konfigurasi *queue tree parent* dan *child* untuk trafik *download* dan *upload*. Selanjutnya akan ditampilkan informasi *client* atau PC yang sudah diatur *bandwidth* nya. Pada penelitian ini sebagai sample adalah 7 PC yang dilakukan konfigurasi, berikut gambar list yang sudah diatur:

Name	Parent	Packet ...	Limit At (b...	Max Limit ...	Avg. R...	Queued Bytes	Bytes	Packets
download pulbis	global			4M	16.4 kb...	0 B	17.7 MiB	30 462
download1	download pulbis	1con	128k	4M	11.9 kb...	0 B	414.6 ...	5 036
download2	download pulbis	2con	128k	4M	4.5 kbps	0 B	17.2 MiB	25 426
download3	download pulbis	3con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
download4	download pulbis	4con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
download5	download pulbis	5con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
download6	download pulbis	6con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
download7	download pulbis	7con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
upload pulbis	ether2			4M	3.4 kbps	0 B	9.0 MiB	12 924
upload1	upload pulbis	1con	128k	4M	0 bps	0 B	14.2 KiB	97
upload2	upload pulbis	2con	128k	4M	3.4 kbps	0 B	9.0 MiB	12 827
upload3	upload pulbis	3con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
upload4	upload pulbis	4con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
upload5	upload pulbis	5con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
upload6	upload pulbis	6con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0
upload7	upload pulbis	7con	128k	4M	0 bps	0 B	0 B	0

Gambar 8. List hasil Konfigurasi Queue Tree dengan HTB

3.2 Analisis

a. Pengujian Bandwidth

Pengujian Bandwidth dilakukan untuk mengetahui keberhasilan konfigurasi manajemen bandwidth yang telah dilakukan, untuk menguji *bandwidth* dibantu dengan *speed test*. Skenario pengujian dilakukan sebanyak 2 kali yaitu sebelum dan setelah penerapan HTB, sebagai sample pengujian dilakukan di Lab Jaringan Komputer pada 7 PC yang sudah dilakukan konfigurasi manajemen *bandwidth*, berikut hasilnya:

1). Pengujian Sebelum Implementasi HTB

Tabel 5. Hasil Pengujian Sebelum Implementasi HTB

User	Aktivitas	
	Upload	Downlaod
PC1	126,0Kbps	126,0Kbps
PC2	74,8Kbps	75,0Kbps
PC3	193,0Kbps	13,9Kbps

PC4	12,0Kbps	12,5Kbps
PC5	7,5Kbps	1130 Kbps
PC6	94,0Kbps	769Kbps
PC7	86,0Kbps	14,4Kbps

Dari tabel diatas dapat dijelaskan bahwa pengujian *bandwidth* sebelum menerapkan manajemen *bandwidth*, user dalam menerima *bandwidth* masih belum merata.

2). Pengujian Setelah Implementasi HTB

Tabel 6. Hasil Pengujian Setelah Implementasi HTB

User	Kecepatan			
	Kecepatan Upload	Kecepatan Download	Limit At	Max Limit
PC1	1850 Kbps	1350 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC2	1990 Kbps	2360 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC3	2570 Kbps	2880 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC4	1800 Kbps	2080 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC5	1930 Kbps	2660 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC6	1330 Kbps	2140 Kbps	128 Kbps	4 Mbps
PC7	1000 Kbps	1980 Kbps	128 Kbps	4 Mbps

Berdasarkan konfigurasi manajemen bandwidth HTB yang sudah dilakukan dengan pengaturan bahwa *limit at 128 Kbps* dengan *max limit 4 Mbps* maksudnya adalah setiap PC akan menerima bandwidth antara *128 Kbps* hingga *4 Mbps*. Setelah dilakukan pengujian *bandwidth* yang ditunjukkan pada tabel 2 diatas, membuktikan bahwa hasil pengujian bandwidth sudah sesuai dengan manajemen *bandwidth* yang sudah diatur.

b. Pengujian QoS

Pengujian *QoS* untuk memastikan bahwa kualitas jaringan baik. Pengujian *QoS* dilakukan terhadap 7 PC yang saat itu mengakses email dan sudah diimplementasikan manajemen *bandwidth* HTB. Berikut hasil *QoS* yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Hasil Pengujian QoS

User	Pengujian	Delay	Jitter	Throughput	Packet loss
PC1	Email	5,07 ms	5,9 ms	1,095 Mbit	0%
PC2	Email	7,1 ms	4,3 ms	0,853 Mbit	0%
PC3	Email	5,3 ms	2,2 ms	0,736 Mbit	0%
PC4	Email	7,6 ms	7,1 ms	0,864 Mbit	0%
PC5	Email	4,8 ms	3,1 ms	1,036 Mbit	0%
PC6	Email	6,3 ms	4,3 ms	0,943 Mbit	0%
PC7	Email	3,7 ms	1,4 ms	0,943 Mbit	0%
Rata-rata		5,6 ms	4,04 ms	0,921 Mbit	0%

Hasil pengukuran *QoS* pada jaringan yang sudah dibangun dapat disimpulkan sebagai berikut, dalam mengkategorikan indeksasi mengacu pada standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network (TIPHON)* [12]:

- a). *Throughput* : Diperoleh perhitungan untuk *throughput* 0,921 Mbit dengan kategori indeks 2 dan tergolong dalam kualitas sedang.
- b). *Delay* : Diperoleh perhitungan untuk *delay* sebesar 5,6 ms dengan kategori indeks 4 dan tergolong dalam kualitas sangat bagus.
- c). *Jitter* : Diperoleh perhitungan untuk *jitter* sebesar 4,04 ms dengan kategori indeks 3 dan tergolong dalam kualitas bagus.
- d). *Packet loss* : Diperoleh perhitungan untuk *packet loss* sebesar 0% dengan kategori indeks 4 dan tergolong dalam kualitas sangat bagus.

3.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan infrastruktur jaringan penting dilakukan, supaya jaringan tetap berjalan dengan baik, berikut pemeliharaan-pemeliharaan yang perlu dilakukan:

- a. Pembaruan *Software*, seperti update perangkat lunak untuk mengoperasikan router, switch dll
- b. *Backup* Data, seperti selalu melakukan *backup* data konfigurasi jaringan
- c. Selalu memantau *Traffic* Jaringan dan menerapkan Keamanan Jaringan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, pengimplementasian metode HTB untuk manajemen *bandwidth* di Lab Komputer Jaringan SMKN 1 Klakah berhasil diterapkan dan memenuhi persyaratan untuk kegiatan *download* dan *upload* yang membutuhkan internet. Terbukti saat dilakukan pengujian *bandwidth* sudah sesuai dengan *limit* yang sudah ditentukan yaitu *limit at 128 Kbps - max limit 4 Mbps*. Juga saat dilakukan pengujian *QoS* masuk dalam kategori bagus, terbukti dengan hasil pengujian *QoS* pada parameter *delay* dengan nilai 5,6 ms (sangat bagus), *jitter* dengan nilai rata-rata 4,04 ms (bagus), *throughput* dengan nilai rata-rata 0,921 Mbit (sedang), dan *packet loss* dengan nilai rata-rata 0% (sangat bagus).

Untuk penelitian lanjutan, disarankan jika ingin meningkatkan *bandwidth* dapat menambah ISP dan menerapkan metode *load balance* untuk mendistribusikan beban trafik secara seimbang pada dua atau lebih jalur koneksi (ISP), hal ini juga sebagaiantisipasi agar akses internet tetap berjalan jika salah satu ISP *down*.

REFERENSI

- [1] M. Rahman, "Implementasi Web Content Filtering Pada Jaringan RT/RW Net Menggunakan Pi-Hole DNS Server," *Gener. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 50–60, 2023, doi: 10.29407/gj.v7i1.19818.
- [2] M. Rahman, M. Dasuki, and H. Oktavianto, "Implementasi Manajemen Bandwidth Simple Queue Sebagai Optimalisasi Layanan Jaringan Internet Warga Menggunakan Metode NDLC," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 27–35, 2024, doi: 10.37859/coscitech.v5i1.6899.
- [3] E. Manalu, D. Arisandi, and Sukri, "Analisa Management Bandwidth Dengan Metode Antrian Hirarchical Token Bucket," *Pros. 2th Celscitech-UMRI 2017*, vol. 2, pp. 10–17, 2017.
- [4] S. Budin and I. Riadi, "Traffic Shaping Menggunakan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada Jaringan Nirkabel," *Bul. Ilm. Sarj. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 3, p. 144, 2019, doi: 10.12928/biste.v1i3.1100.
- [5] L. Hakim, I. nur Wijaya, Martanto, Y. A. Wijaya, and O. Nurdiawan, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket Pada SMK Muhammadiyah Karangampel," *Informatics Educ. Prof.*, vol. 6, no. 1, pp. 84–94, 2021, doi: 10.51211/itbi.v6i1.1698.
- [6] M. Iqbal Ichwan, L. Sugiyanta, and P. Wibowo Yunanto, "Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22," *PINTER J. Pendidik. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 122–126, 2019, doi: 10.21009/pinter.3.2.6.
- [7] T. Akbar, *Implementasi Manajemen Bandwidth Router Mikrotik Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB) di SMK Bina Mandiri*. Universitas Negeri Jakarta, 2017. [Online]. Available: [http://sipeg.unj.ac.id/repository/upload/laporan/ilovepdf_merged\(33\)1.pdf](http://sipeg.unj.ac.id/repository/upload/laporan/ilovepdf_merged(33)1.pdf)
- [8] S. Kosasi, "Penerapan Network Development Life Cycle untuk Pengembangan Teknologi Thin Client Pada Pendidikan KSM Pontianak," *J. Ilm. Komputasi dan Elektron.*, vol. 1, no. 2, pp. 125–141, 2011.
- [9] M. Rahman, R. B. Hadnawika, and A. I. Zahro, "Penerapan Model Network Development Life Cycle (NDLC) Pada Infrastruktur Jaringan Internet Kantor Desa Kemiri," *J. Publ. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 3, 2023, doi: 10.55606/jupti.v2i3.1790.
- [10] T. Sanjaya and D. Setiyadi, "Network Development Life Cycle (NDLC) Dalam Perancangan Jaringan Komputer Pada Rumah Shalom Mahanaim," *Mhs. Bina Insa.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal-binainsani.ac.id/>
- [11] S. W. Pamungkas, Kusri, and E. Pramono, "Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Hotspot SMA Negeri XYZ," *J. Sist. Inf. dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 2, pp. 142–152, 2018, doi: 10.36774/jusiti.v7i2.249.
- [12] R. Wulandari, "Analisis QoS (Quality Of Service) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon–LIPI)," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 162–172, 2016, doi: 10.28932/jusiti.v2i2.454.