Penerapan Metode *Hierarchical Token Bucket* pada Manajemen *Bandwidth* di Madrasah Aliyah Ar-Rosyaad

M. Rizki Affandi¹, Intan Nur Farida², Ratih Kumalasari Niswatin³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri E-mail: *1affandyrizky46@gmail.com, ²in.nfarida@gmail.com, ³ratih.workmail@gmail.com

Abstrak – Perkembangan teknologi jaringan menjadi sangat penting bagi organisasi sekolah pada masa ini. Salah satunya di MA Ar-Rosyaad yang memiliki masalah pada bandwidth untuk guru, staff, dan siswa. Problem yang terjadi yaitu pada saat mengakses internet secara bersamaan, kapasitas bandwidth yang diterima tidak merata. Penelitian ini menerapkan metode (HTB) Hierarchical Token Bucket pada manajemen bandwidth queue tree, sehingga akses menuju ke port/IP terntentu dapat dibatasi tanpa mengganggu trafik bandwidth pengguna lain. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode HTB efektif dalam mengatasi ketidakmerataan pembagian bandwidth. Sehingga setiap pengguna akan memperoleh kecepatan akses internet yang merata dan stabil.

Kata Kunci — Bandwidth, HTB, Jaringan, Mikrotik, Queue.

1. PENDAHULUAN

Ilmu teknologi dan komunikasi saat ini berkembang sangat pesat sejalan dengan kebutuhan layanan informasi yang cepat, efisien dan akurat, begitu juga dengan komunikasi data yang menghubungkan komputer menjadi jaringan yang bisa berinteraksi satu sama lain. Jaringan komputer dapat di artikan sebagai dua atau lebih komputer yang dapat dihubungkan menggunakan sebuah sistem komunikasi, melalui media transminsi atau media komunikasi sehingga dapat saling berbagi data aplikasi dan berbagi perangkat keras [1].

Saat ini perkembangan teknologi jaringan menjadi sangat penting bagi organisasi sekolah guna menyediakan jaringan internet yang dapat menunjang kinerja sekolah. Namun, dalam jaringan lokal tersebut terdapat masalah pada bandwidthbagi para guru, staff, dan siswa pada saat mengakses internet secara bersamaan. Hal ini berdampak padaketidakmerataan kapasitas bandwith yang diterima. Bandwith ialah suatu perhitungan konsumsi data yang tersedia pada suatu telekomunikasi, dihitung dalam satuan bits per seconds (bit per detik) [2].

Untuk mengatasi masalah bandwidth yang tidak merata, maka penelitian ini mengaplikasikan hardwareberupa Mikrotik Router OS. Router OS berguna untuk mengitung paket yang dikirim dan diterima [2]. Sementara metode yang digunakan dalam penelitian ini yaituHierarchical Token Bucket (HTB) pada manajemen bandwidthqueue tree. Lokasi penelitian mempunyai kecepatan internet ISP 10 Mbps untuk keseluruhan pengguna,

Menurut [3],[4] Pada penelitian sebelumnya metode HTB dinilai lebih efektif membagi bandwidth secara adil dan merata kepada masing-masing client terlihat dari perhitungan QoS yang

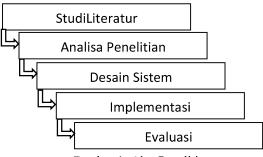
telah dilakukan, dalam pengujian dan perhitungan QoS dinilai lebih sederhana dari hasil perhitungan dan pengujian HTB melalui *download* berkas, nilai rata rata sangat bagus.

e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilaksanakan menggunakan penelitian kualitatif.Penelitian kualitatif yaitu penelitian yang berupa kata-kata tertulis, maupun lisan dan perilaku dari orang yang di teliti [5]. Adapun metode yang di gunakan dalam penulisan ini yaitu menggunakan metode dekskriptif,yaitu prosedur atau cara memecahkan masalah penelitian dengan memaparkan keadaan obyek yang diselidiki. Alur penelitian dijabarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian.

Dari Tahapan diatas dapat dijabarkan sebagai berikut:

1) Studi literatur.

Dalam penelitian ini, penulis mengambil materi penelitian mengenai Penerapan HTB (Hierarchical Token Bucket) untuk manajemen bandwidth pada jaringan internet di MA Ar-Rosyaad, parameterparemeter yang diamati sebagai berikut:

- a. Mempelajari materi tentang HTB.
- b. Mempelajari penelitian sebelumnya.

2) Analisa penelitian.

Pada tahapan ini perlu mencermati beberapa hal sebagai berikut:

- a. Mengkaji kekurangan dan kelebihan manajemen *bandwidth* yang sudah diterapkan.
- b. Jumlah user aktif dan kebutuhan bandwidth.
- c. Jumlah bandwidth yang tersedia di jaringan.
- d. Jumlah blok IP address yang digunakan.
- e. Menentukan teknik dan metode yang digunakan dalam penerapan manajemen *bandwidth*.

3) Desain Sistem

Membuat rancangan topologi jaringan dan desain arsitekturPembagian manajemen *bandwidth*.

4) Implementasi.

Tahap implementasi HTB terdiri dari langkahlangkah sebagai berikut.

- a. Membuat *queue tree* di Mikrotik yang terdiri dari *class* dan *parent*, yang harus diisi dengan *outgoing-interface*.
- b. Menentukan *packet-mark*, dengan membuat terlebih dahulu di ip*-firewallmangle*.
- c. Menentukan *max-limit* di setiap *class* dan *parent* yang merupakan batas kecepatan maksimum, atau dikenal juga dengan MIR (*Maximum Information Rate*).

5) Evaluasi.

Dilakukan untuk mengukur kualitas dari konfigurasi yang telah dilakukan.

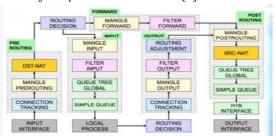
2.1. Landasan Teori

1) Bandwith

"Bandwith adalah suatu perhitungan konsumsi data yang tersedia pada suatu telekomunikasi, dihitung dalam satuan bits per seconds (bit perdetik)"[1], bandwith dapat diartikan sebagai hak kecepatan yang diperoleh untuk meng akses internet di dalam suatu jaringan komputer.

2) Queue Tree

Queue Tree adalah konfigurasi queue uang bersifat one away (satu arah), jika dalam satu konfigurasi queue di tujukan untuk download maka konfigurasi tersebut tidak melakukan queue upload begitupun sebaliknya, jika menginginkan keduanya maka harus melakukan konfigurasi mangle untuk kedua jalurupload dan download [6].



Gambar 2. Diagram Queue Tree.

3) QoS (Quality of Service)

"QoS (*Quality of Service*) adalah sebuah mekanisme layanan standar mutu dari sebuah aplikasi/produk, didalam jaringan komputer QoS digunakan untuk mengukur tingkat kualitas koneksi

e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

4) HTB (Hierarchical Token Bucket)

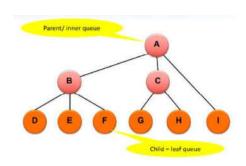
jaringan" [1].

Hierarchical Token Bucket (HTB) adalah metode yang berfungsi untuk mengatur pembagian bandwidth, pembagian dilakukan secara hirarki yang dibagi kedalam kelas sehingga mempermudah pengaturan bandwidth dengan tepat sehingga penggunaannya menjadi maksimal. memudahkan pemakaian dengan teknik peminjaman dan implementasi pembagian trafik yang lebih akurat [7]. Teknik antrian HTB memberikanfasilitas pembatasan trafik pada setiap level maupun klasifikasi, bandwidth yang tidak terpakai dapat digunakan oleh klasifikasi yang lebih rendah. HTB berperan dalam mengontrol penggunaan bandwidth terhadap link yang diberikan kepada klien. HTB memungkinkan penggunaan fisik link single untuk menampilkan multiple link dan untuk mengirimkan jenis traffic yang berbeda pada tampilan link yang berbeda [8]. HTB sangat berguna untuk membatasi rating download dan upload klien. Dengan demikian klien tidak dapat seenaknya menggunakan semua kapasitas bandwidth[9].

Hierarchical Token Bucket (HTB) merupakan salah satu teknik antrian yang memiliki tujuan untuk menerapkan link sharing. Dalam konsep link sharing, jika suatu kelas meminta kurang dari jumlah service yang telah ditetapkan untuknya, sisa bandwidth akan di distribusikan ke kelas – kelas lain yang meminta service[10]. HTB menggunakan Token Bucket Filter (TBF) sebagai estimator yang sangat mudah diimplementasikan. Estimator ini hanya menggunakan rate, sebagai akibatnya seorang administrator hanya perlu mengeset rate yang akan diberikan ke suatu kelas.

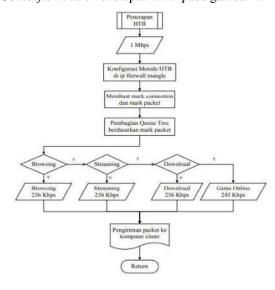
HTB mempunyai parameter yang menyusunnya dalam antrian yaitu:

- a. Rate. Parameter rate menetukan bandwidthmaksimum yang bisa digunakan oleh setiap class, jika bandwidth melebihi nilai "rate", maka paket data akan dipotong atau dijatuhkan (drop).
- b. *Ceil.* Parameter *ceil* di-set untuk menetukan peminjaman *bandwidth* antar *class* (kelas), *peminjaman bandwidth* dilakukan kelas paling bawah ke kelas di atasnya. Teknik ini disebut *link sharing*.
- c. Random Early Detection (RED). Random Early Detection atau bisa disebut Random Early Drop biasanya digunakan untuk gateway/routerbackbone dengan tingkat trafik yang sangat tinggi. RED mengendalikan trafik jaringan sehingga terhindar dari kemacetan pada saat trafik tinggi berdasarkan pemantauan perubahan nilai antrian minimum dan maksimum.



Gambar 3. Skema HTB.

Contoh*flowchart* Penerapan HTB pada gambar 4.



Gambar 4. Penerapan HTB.

Token Rate — dikalkulasi dari limitasi terbesar dalam satu rule queue :Limit-at (jika limit-at lebih besar dari max-limit parent) - Max-limit — Burst-limit (jika burst-limit aktif dan kondisinya diperbolahkan untuk burst) rumus dariBucket Capacity = bucket-size * max-limit parameter bucket-size dikunci secara default pada nilai 0.1.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perancangan

1) Perangkat Keras

Pada penerapan yang dilakukan ada beberapa perangkat keras yang akan dipakai, sebagai berikut:

- a. PC Spesifikasi Prosessor Intel Pentium 2.0 Ghz.
- b. Ram 2 GB (4096 MB).
- c. Hardisk 250 GB.
- d. Mikrotik HAP Lite (RB 941-2Nd).
- e. Kabel LAN.
- f. ISP Akses Internet.

2) Perangkat Lunak

Di dalam *Routerboard* Mikrotik RB 941 sudah terinstal Mikrotik RouterOS versi 6.43.5 dan Aplikasi Winbox untuk remote mikrotik *router*, selain itu juga dibutuhkan perangkat lunak sebagai berikut.

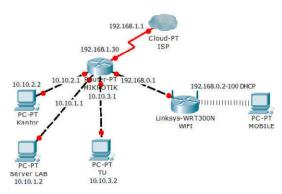
e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

- a. Microsoft Windows 7/8/10.
- b. Queue Tree.
- c. Winbox.
- d. Google Chrome.
- e. Aplikasi Wireshark.
- f. Aplikasi untuk menghitung para meter QoS.

3) Topologi Jaringan

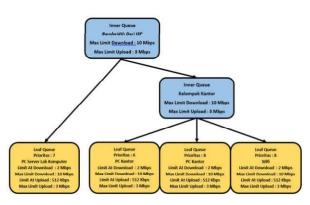
Dalam penelitian ini menggunakan topologi jaringan *star* dan menggunakan 4 perangkat, dapat di lihat pada gambar 5.



Gambar 5 Topologi Jaringan.

4) Pembagian Bandwith.

Pada organisasi sekolah yang di teliti mempunyai *bandwidth* total 10 Mbps untuk *download* dan 3 Mbps untuk *upload* dapat di jabarkan pada skema penerapan hierarki di gambar 6.



Gambar 6. Penerapan Hierarki.

Dari gambar di atas *Inner Queue* yang paling tinggi sebagai inti semua *bandwith* yang tersedia atau bisa disebut total *bandwidth* yang di sediakan dari ISP. *Inner queue* utama mendapat *max limit up/down* sebesar 3Mbps/10Mbps,*inner queue* utama membawahi beberapa *leaf queue* dan *inner queue* tambahan atau bisa di sebut sub *inner queue*. Sub

inner queue adalah kelompok dari inner queue utama yang di sini di namakan kelompok kantor. Sub inner queue mendapat max limit up/down sebesar 3Mbps/10Mbps ada 4 sampel yang di uji pada penelitan ini.

Untuk *leaf queue*PC Labkom mempunyai parent langsung terhadap *inner queue* utama dan *leaf queue* lainnya di bawah sub *inner queue* kelompok kantor. Pada pembagiannya semua *client* atau *leaf queue* mendapat *max limit down/up* 10 Mbps/3Mbps total bandwidth yang dapat di bagi secara maksimal.

Pada penerapannya masing *leaf queue* mendapat *limit at* (mendapatkan *bandwidth* minimal saat semua perangkat sibuk mempergunakan *traffic*) semua *leaf queue* mendapat *limit at up/down* sebesar 512k/2 Mbps. Dalam hal ini yang membedakan semua *leaf queue* terdapat pada prioritas nya.dalam penelitian ini prioritas terbagi menjadi 3, PC TU mendapat prioritas 6, PC Labkom mendapat prioritas 7, dan sisanya mendapat Prioritas 8.

Pada bagian ini metode hierarki mulai bekerja, dalam prinsipnya HTB membagi bandwidth maksimal ke prioritas yang paling tinggi setelah terpenuhi, sisa bandwidthakan di bagi ke leaf queue yang lain. Bila tidak ada yang menggunakan bandwidth maksimal maka bandwidth sisa akan di berikan kepada client yang membutuhkan bandwidth tambahan.

3.2 Pembahasan

Queue tree dapat di terapkan konfigurasi seperti gambar 7, sesuai dengan kerangka rancangan pada gambar 6, pada gambar tersebut mempunyai 2 konfigurasi download dan upload secara terpisah karena queue tree bersifat one away.

New York	T selection	m Twee Wile	PROF.					
Sant	France .	Pariet Nets	Later At BALLS: No	See boot	Ag Fies	Sever from These		Paylone
Parkt Al Domboti	Men			1794	42 Wes	DE	E0.148	529
Schert Ap 7 down	Final A Downell	dryspalterister.	26	1394	43 May	0.0	#183.48	875
Retter Steam	Parent Al Discributi			104	767 tox	14	3043	
@ detti pli dren	Hartie Devel	description with	291	104	20cm	24	0.6	. 4
g clart2y6.tom	Hartey Down	dovision for TV	. 26	TOM	-Chox	- 58		- 6
dert all low	Nartor Door	devision of harter	28	1386	TELLOR	18.	344	
R Feet 20 (plots)	Internet			384	TEX EXHIBIT	16	104 HB	329
■ constaller	Parest W. Union	and the later of	113	384	THE R WHITE	28	265.40	524
S Ranker Up.	Piver At Iddael			386	0.35bpx	0.0	41625	- 4
W. dark hallow	Markov I II.	anticological and	215	704	26a	0.6	0.9	- 1
B the Color	Slatter (in	uldestreek TO	1136	188	Star	1.0	- 11	- 6
B. chief Tariffue	Manu 13s	setting the party	1136	204	R Tiefere	16	4190.0	- 2

Gambar 7. Konfigurasi Queue Tree.

Sebelum melakukan konfigurasi *queue tree* pada gambar 7 maka di buatkan dulu *firewall mangle* seperti konfigurasi pada gambar 8 semua IP / paket data yang masuk dalam *router*akan melewati *mangle* tersebut untuk bisa masuk kedalam *queue tree*. Pada gambar bisa di lihat*byte* dan paket yang masuk dari IP asal dan tujuan.

FREE	Spire 145	The party	Figure Service Prote	Correctors: A	Admen Lts	At Layer?	Pedante				
+		le i	at feet farms	on Floret RI Co	urten.						
2	Actori	Dwn	Sc. Address	Dr. Aldress	Proto.	Sec Fee	Die Put	In litter	Out to	Elves	Packets
4	# ne	breat	10.10.1.0/Q4							171 G Meb	1 379 565
1	A 100	breed	10.10.20.04							51.0 HIL	335 463
1	# na	krypt	10.103.024							110.2160	2.298 929
3	# NO.	function	192 168 0 0/24							239.4 318	479.570
4	J nor.	farward		101020/24						122.5 950	142 500
	A rise.	limed		10101024						3024 1 888	2 391 360
4	of the	Several		10.10 3.0/24						4106	3 758 629
9	100	broad		192 193 0.0-04						1967 198	600 582

Gambar 8. Konfigurasi Mangle.

3.3 Pengujian

Pada bagian ini di lakukan pengujian untuk mendapat nilai hasil dari download dan upload, pada gambar 9, dapat dilihat penggunaan bandwidth secara bersamaan teralokasi dengan baik di semua paket yang masuk dan keluar, semua bandwidth terpakai semua dan terbagi secara berurutan, dalam kondisi sibuk seperti ini semua client mendapat jatah bandwidth pada at limit atau bisa di sebut limit paling bawah, jika dalam keadaan tidak sibuk bandwidth akan di berikan kepada client yang mempunyai prioritas lebih tinggi seperti yang dijelaskan pada gambar 10, salah satu client tidak dipakai maka bandwidth tersebut di alokasi kan kepada client yang aktif dan membutuhkan banyak data

e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

Strain Gasses - Harrison G.	many. Guest Per-	Gurue Types						
	7 00 1-1-1	in 100 Feed Al Co.	rites					
New	Pared	Packet Marie	DHE PLOOPED	Mar Level Str.	Avg. Fiete.	Daniel Bries	Serve	Packets
Figure Af Construct	gitted Panel M Secretari			TEM	10:078ee	- 08	0917 ME	416,552
Client4 p7 down		strengal kill lidine .	290	100	2.216ox	4134 8	691.7 MB 402.4 MB 124.6 MB	350 913
A Nattur Desert	Parent N Dissersion			1004	7.0 Hbps	0.8	124.5 ME	100 422
destrations.	Kareer Cover	Be tellugived.	2M	104	101 Eldpe	0.8	2246 5 468	
Control of door	Aprilla Donni	myspacke [1]	296	1594	5 6 Albon	5.6	100 Y Mile	34 133
material down	Kantor Down	Brancecker keetin?	296	10M	-2016es	4476.0	16.5 Mil.	14.715
Frant M Utest	Selected .			- 566	AZ1, Zhhor	- 58	14.9 Mill. 35.4 Mill.	281 193
Colored of Con-	Parent N Linksel	orbachas takking	25%	194	THEEName	08	23.7 MB	209 379
O Signer He	Panel A Chinal	Marian de Carrier	-	786	304 4 kbps	0.8		
# control at	Marker Up	satisfied of	61%	794	40 filter	0.0	48073 50	
200727046	Name of the last o	unkladeran TU	5100	- 20	200 Sidge	0.6	48812168	54 (0)
destroya.	Name to		21/8	300	S2 Sidge	- 24	2000 4 108	24 500
■ 064130-B	AMERICO.	Minimar-valor	514		9231984		2797.4768	11 1997

Gambar 9. Pengujian 1 dari konfigurasi Queue Tree.

the man stemps or	William Course July 1	Game Types						
	600 Terror Course	on Fleet Al Co.	ates					
Name	Faret	Flacket Harts	Line At Besid Mar D	er bet .	Jug Ree	General Britter	Symm	Packets
Firers /6 Dowlsteil	global			130	10.0 More	. 08	5508	# 38E H/O
dentifa doen	Pagest At Disordinal	drympsolvel labora	26	13N 10M 13M 13M	8.0 Maps 2.0 Maps	4068	\$17.9 948	720 045
Market Down	Parent At Download			194	2.0 More	0.0 0.0 0.0	47(0)3 NG	3.664.965
☐ cletTall sine:	Kenn Down	Distributive vet	28	1394	Dige (Nige	. 08	31.4.760	46.977
a dest2pf dove	Kentor Dove	downpacket TU:	294	1294	1% tax	U.8	3994,5 NMS	3064329
a ciera? pd down	Kartor Creen	disvisorial hartor	24	15M	2.0 Meex	6.7168	683.3 NB	553.752
First A Upleal	Phine:			398	595 3 Abox	0.6	352.2 NB	2 509 992
in Heart Co. Traff	Feert IS (Street	untindrate labour.	1 Ch	396	set.7 store	0.6	34.1 768	467 294
Wanter Un.	Parent 28 Ultimed			396	162 Skhoe	0.0	270.0 MB	2 138 148
in steet half-us	Warter Str.	uphabos of	5126	306	Stee	0.9	25.5 Mill	55.430
S chertifolium	Nactor No.	uplications. P.C.	5124	386	155 54+	0.6	175 2 646	1 687 593
at destination	Kenty (a)	methodospic kartos	513k	392	100 5 where	0.9	TESME	400-062

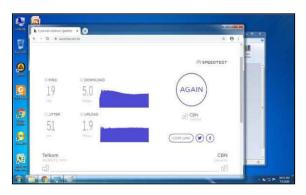
Gambar 10. Pengujian 2 dari Konfigurasi *Queue Tree.*

Dari gambar 9 dan 10 terdapat perbedaan pada pengguna yang memakai atau *client* yang aktif, bandwidthtersebut tetap terbagi sama rata menurut prioritas masing-masing pada gambar 9 yang mendapat bandwidthpaling banyak PC TU karena prioritas PC TU paling tinggi di antara *client* yang lainnya. Sedangkan pada gambar 10 yang mendapat bandwidth tinggi PC Lab kom karena prioritas dari PC Labkom dibawah PC TU dan pada saat pengujian yang ke 2 PC TU tidak aktif. Sehingga PC Labkom mendapat bandwidth rata-rata maksimal berbagi dengan *client* prioritas di bawahnya.

Pengujian pada tiap *client* menggunakan aplikasi *online* dan di dapatkan hasil seperti pada gambar 11, gambar 12, gambar 13, gambar 14 ratarata semua mendapatkan *bandwidth at limit* secara merata.



Gambar 11. Pengujian PC Labkom.



Gambar 12. Pengujian di PC TU.

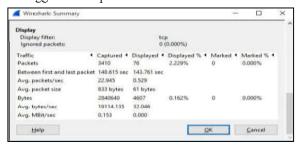


Gambar 13. Pengujian di PC Kantor.



Gambar 14. Pengujian di Mobile Android.

Setelah semua tahapan pengujian di laksanakan tahap selanjutnya melakukan perhitungan pada parameter QoS (*Quality of Service*) untuk mengukur *bandwidth*. Pengukuran ini menggunakan sampel pada*client* PC Labkomdengan pengujian Menggunakan Aplikasi Wireshark.



Gambar 15. Hasil capture Wireshark 1.

Wireshark: Summary Display Display filter 0 (0.000%) Ignored packets Packets 3410 3410 100.000% 0.000% Between first and last packet 148.615 sec Avg. packets/sec 22.945 833 bytes Avg. packet size 2840640 Bytes 2840640 Avg. bytes/sec 19114.135

e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

Gambar 16. Hasil capture Wireshark 2.

Cancel

0.153

1) Troughput

Avg. MBit/sec

Throughput = Paket Data Diterima / Lama Pengamatan = 3410 bytes / 22.945 sec = 148.615 bytes/sec = 1188,92kbps %Throughput= Throughput / Alokasi Bandwidth User x 100 % = 1188,92 kbps / 2048 kbps x 100 % = 0,58%

2) Delay

Rata-rata Delay = Total Delay / Total Paket Diterima = 22,945 sec / 3410 = 0,006728739 = 6,7 ms

3) Packet Loss

Packet Loss = (Paket Data Dikirim Paket Data Diterima) x 100 % Paket Data Dikirim = 34103410 / 3410 x 100 % = 0 %

Tabel 1.Hasil sampel pengukuran di PC Labkom.

Kategori	Hasil	Indeks Nilai
Jitter	3 ms	Bagus
Troughput	0,58%	Jelek
Delay	6,7 ms	Sangat Bagus
Packet Loss	0 %	Sangat Bagus

Dari pengujian menggunakan parameter QoS telah di dapat hasil yang rata-rata baik, dalah hal ini menunjukkan metode *hierarchical token bucket* bekerja secara maksimal untuk melayani kebutuhan *client*pada saat menggunakan jaringan internet di Madrasah Aliyah Ar-Rosyaad.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan, yaitu penerapan metode HTB untuk manajemen bandwidth di MA Ar-Rosyaad berhasil diterapkan, dan telah sesuai dengan kebutuhan penggunaan internet untuk kegiatan download, streaming dan browsing. Selain itu dengan Penerapan metode HTB ini didapatkan hasil bahwa kecepatan akses download telah sesuai dengan kebutuhan pihak sekolah untuk menunjang kegiatan belajar mengajar dengan bandwidth10 Mbps secara merata ke setiap pengguna di sekolah.

5. SARAN

e-ISSN: 2549-7952

p-ISSN: 2580-3336

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan beberapa metode lain dengan menggunakan tambahan konfigurasi *dynamic queue*untuk memisahkan antara paket *browsing, download,* dan *streaming* secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutarman. 2009. Pengantar teknologi Informasi. Jakarta, Bumi Aksara.
- [2] Athailah. 2013. *Mikrotik Untuk Pemula*. Jakarta, Mediakita.
- [3] Arifin, Yunus. 2012. Implementasi Quality of Service dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) pada PT.Komunika Lima Dua Belas. Jurnal Elektronik Ilmu Komputer Universitas Udayana. Vol.1 No.2.
- [4] Azinar, wahyu & Adi, Ragil. 2017. Analisis QOS (Quality Of Service) Pada Warnet dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket). Jurnal Ilmiah Network Engineering Research Operation (NERO) Universitas Trunojoyo. Vol. 3, No. 1. Hal 45-52.
- [5] Anggito, Albi & Setiawan, Johan. 2018. Metodologi Penelitian Kualitatif. Sukabumi, CV Jejak.
- [6] Towidjojo, Rendra. 2016. Mikrotik Kungfu Kitab 3. Yogyakarta, Jasakom.
- [7] Taufiq Akbar. 2017. Implementasi Manajemen bandwidth Router Mikrotik menggunakan metode hierarchical token bucket (htb) di SMK Bina mandiri. Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- [8] Sukaridhoto, Sritusta. 2014, Buku Jaringan Komputer I. Surabaya, Politeknik Elektronika Negeri (PENS).
- [9] Sukaridhoto, Sritusta. 2014, Buku Jaringan Komputer II. Surabaya, Politeknik Elektronika Negeri (PENS).
- [10] Syafizal, Melwin. 2005. Pengantar Jaringan Komputer. Yogyakarta, Andi Offset.
- [11] Yuhefizar. 2008. 10 Jam Menguasai Internet, Teknologi dan Aplikasinya, Jakarta, PT. Elex Media Komputindo.