

MANAGEMENT BANDWIDTH MENGGUNAKAN HIERARCHICAL TOKEN BUCKET PADA PT. DUTAFLOW HIDROLIK

Dede Sopyan Novalga
Program Studi Teknik Informatika
Universitas Nusa Mandiri
dedesofyannoalga@gmail.com

Abstract

The use of the internet in a company with a large number of users and used simultaneously is very important to control internet network traffic. Therefore, it is necessary to adjust the bandwidth adjustment so that there is no injustice in accessing an internet network, both LAN and wireless networks. The application of this bandwidth management method is very appropriate for managing bandwidth on each computer. The method used to manage bandwidth is to use the token bucket hierarchy method. With Mikrotik router and winbox tools, it is very easy to set and manage bandwidth on each client computer. In the winbox tool, you can set the desired bandwidth distribution. However, the maximum bandwidth limit cannot exceed the maximum limit provided by the internet network provider. After implementing bandwidth management using the token bucket hierarchy, the bandwidth distribution on each client computer can be adjusted as needed. And it won't happen again that one client can get more bandwidth while another client gets less bandwidth. So it can be concluded that the application of this method is very effective. Besides, it must be assisted with supporting hardware and software.

Keywords: Bandwidth Management, Hierarchical Token Bucket

Abstrak

Penggunaan internet pada suatu perusahaan dengan jumlah pengguna yang banyak dan digunakan secara bersamaan sangat penting untuk mengontrol lalu lintas jaringan internet. Oleh karena itu

perlu dilakukan penyesuaian bandwidth adjustment agar tidak terjadi ketidakadilan dalam mengakses suatu jaringan internet, baik jaringan LAN maupun wireless. Penerapan metode manajemen bandwidth ini sangat tepat untuk mengelola bandwidth pada setiap komputer. Metode yang digunakan untuk mengelola bandwidth adalah dengan menggunakan metode hierarki token bucket. Dengan alat router dan winbox Mikrotik, sangat mudah untuk mengatur dan mengatur bandwidth pada setiap komputer klien. Di alat winbox, Anda dapat mengatur distribusi bandwidth yang diinginkan. Namun, batas maksimum bandwidth tidak boleh melebihi batas maksimum yang disediakan oleh penyedia jaringan internet. Setelah menerapkan manajemen bandwidth menggunakan hierarki token bucket, distribusi bandwidth pada setiap komputer klien dapat disesuaikan sesuai kebutuhan. Dan tidak akan terjadi lagi bahwa satu klien bisa mendapatkan lebih banyak bandwidth sementara klien lain mendapat lebih sedikit bandwidth. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penerapan metode ini sangat efektif. Selain itu harus dibantu dengan perangkat keras dan perangkat lunak pendukung.

Kata kunci: *Bandwidth Management, Hierarchical Token Bucket*

1. Pendahuluan

Penggunaan internet yang dilakukan secara bersamaan, dengan pengguna yang cukup banyak, bisa mengakibatkan turunnya kualitas jaringan. Untuk mengurangi penurunan kualitas jaringan tanpa menambah bandwidth dan biaya, salah satunya dengan cara menerapkan manajemen dengan menggunakan disiplin antrian atau teknik QoS (*Quality Of Services*) tertentu. *Quality Of Services* yang baik menjadi hal yang sangat diperlukan bagi jaringan tanpa kabel, semakin banyak dan bervariasi nya aplikasi yang dapat dilayani oleh suatu jaringan berpengaruh pada penggunaan data transfer capacity dalam jaringan tersebut. Manajemen bandwidth sangat berperan dalam mengatur jenis aplikasi yang bisa mengakses joins yang ada. QoS dengan metode-metode Various leveled Token Can (HTB) sebagai salah satu manajemen data transfer capacity ideal diterapkan di dalam sistem operasi Mikrotik.

Bandwidth bisa menjadi daya tampung atau kapasitas dari sebuah jaringan kabel LAN atau tanpa kabel agar dapat dilewati oleh paket

information yang dilalui. Management bandwidth adalah salah satu cara dalam penerapan dan optimalisasi pada sebuah jaringan dengan menerapkan layanan Quality of Services (QoS).

Penggunaan jaringan internet pada PT. DutafLOW Hidrolik ini masih ada beberapa pengguna yang sering mendapatkan akses yang tidak stabil. Manajemen bandwidth yang bisa secara otomatis membagi traffic per-client berdasarkan jumlah user yang aktif. Namun memiliki kelemahan kadangkala terjadinya kebocoran pada bandwidth tidak secara real terbagi dengan adil. Oleh karena itu perlu diterapkan manajemen baru tanpa harus mengurangi kelebihan yang sudah ada, yaitu manajemen bandwidth tipe (Hierarchical Token Bucket), yang menjamin pengguna jaringan mendapatkan bandwidth sesuai dengan yang telah didefinisikan dan juga terdapat fungsi pembagian bandwidth yang adil di antara pengguna jaringan sehingga performance jaringan tetap dapat terjaga.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yaitu mulai dari perencanaan, perancangan, implementasi dan analisis. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara dan studi pustaka.

A. Tahap Perencanaan

1. Mengkaji kekurangan dan kelebihan manajemen bandwidth yang sudah diterapkan di network PT. DutafLOW Hidrolik.
2. Jumlah user aktif pada masing-masing node dan kebutuhan bandwidth tiap node.
3. Jumlah bandwidth yang tersedia di jaringan PT. DutafLOW Hidrolik.
4. Jumlah blok IP address yang digunakan di jaringan PT. DutafLOW Hidrolik.
5. Menentukan teknik dan metode yang digunakan dalam implementasi manajemen bandwidth.

B. Tahap Perancangan

1. Merencanakan dan menentukan bandwidth yang diprioritaskan pada masing-masing node di jaringan PT. DutafLOW Hidrolik dengan menggunakan rumus ;

$$BW \text{ node} = \frac{\text{user aktif per node}}{\text{rata - rata user}} \times \text{Total BW}$$

- Menyusun table IP address yang akan digunakan dalam pengaturan bandwidth.

C. Tahap Implementasi

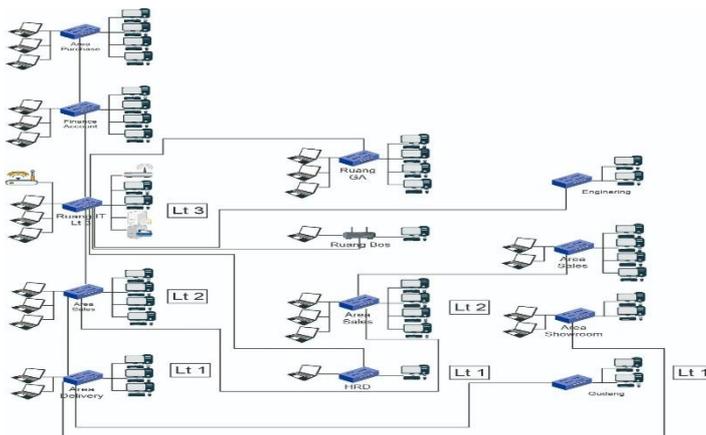
- Membuat queue tree di Mikrotik yang terdiri dari class dan parent, yang harus diisi dengan outgoing-interface.
- Menentukan max-limit di setiap class dan parent yang merupakan batas kecepatan maksimum, atau sering dikenal dengan MIR (Maximum Information Rate).

D. Tahap Analisis

Pada tahap ini, akan dianalisis sejauh mana kinerja manajemen bandwidth teknik HTB dengan melakukan perbandingan terhadap manajemen bandwidth PT. Dutaflow Hidrolik sebelumnya saat menggunakan PCQ, melalui parameter.

3. Hasil dan Pembahasan

A. Rancangan Jaringan Usulan



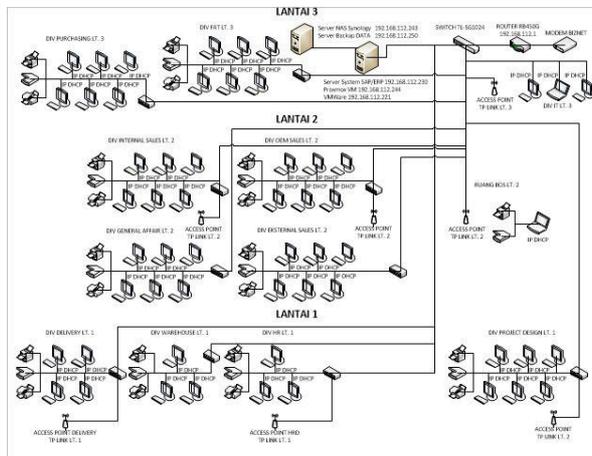
Gambar 1. Skema jaringan komputer awal PT. Dutaflow Hidrolik

Skema jaringan yang ada pada PT. Dutaflow Hidrolik terpusat pada server yang berada di lantai 3. Dimana server memegang peranan

Management Bandwidth menggunakan Hierarchical Token Bucket pada PT. Dutaflow Hidrolik

penting pada penyimpanan data dan pembagian bandwidth pada setiap client. Jaringan internet tersambung ke semua area menggunakan hub pada masing-masing ruangan. Dengan seperti itu internet terkoneksi pada seluruh area.

Penggunaan IP Address pada masing-masing PC yaitu menggunakan DHCP Pool. Berikut tabel penggunaan IP Address yang digunakan :



Gambar 2. Skema jaringan komputer usulan PT. Dutaflow Hidrolik

Pada skema jaringan usulan diatas dapat dilihat bahwa susunan dan tata letak sudah cukup bagus. Namun router yang digunakan saat ini kurang mendukung, yaitu sering terjadi overload. Di saat penggunaan bandwidth tinggi performance pada CPU bisa mencapai 100%, sedangkan normalnya di bawah 50% .

Langkah pertama dalam melakukan manajemen bandwidth yaitu dengan melihat topologi jaringan yang digunakan dan menganalisa kebutuhan konsumsi internet didalam perusahaan, seperti penggunaan *browsing, download, email, aplikasi, video, streaming, chat* dan lainnya. Jadi Penulis melakukan tahapan mengumpulkan informasi2 dari Router Mikrotik dan Pengguna. Setelah itu Penulis melakukan konfigurasi untuk menandai paket2 yang sudah dianalisa tsb di Router OS Mikrotik v. 6.47.10 dan Tipe Router RB450G

#	Action	Chain	Src. Address	Dest. Address	Protocol	Src. Port	Dest. Port	In. Inter.	Out. Int.	In. Inter.	Out. Int.	Src. Address List	Dest. Add.	Bytes	Packets
0	mark connection	prerouting	192.168.112.9											11.9 MB	163.666
1	mark packet	prerouting												325.6 MB	413.432
2	mark connection	prerouting	192.168.112.3											9.1 MB	64.161
3	mark packet	prerouting												165.7 MB	207.077
4	mark connection	prerouting								zoom			zoom	17.0 MB	28.679
5	mark connection	prerouting												20.3 MB	33.603
6	mark packet	prerouting												37.3 MB	62.332
7	mark connection	prerouting											whatsapp	44.2 MB	68.523
8	mark connection	prerouting											facebook	22.9 MB	40.651
9	mark connection	prerouting											whatsapp	13.2 MB	58.334
10	mark connection	prerouting											facebook	9.8 MB	34.515
11	mark packet	prerouting												67.6 MB	179.289
12	mark connection	prerouting		6 (tcp)			993.587.995.110.143.							15.7 MB	20.128
13	mark connection	prerouting		6 (tcp)			993.587.995.110.143.2.							1579.5 KB	13.335
14	mark packet	prerouting												17.2 MB	33.424
15	mark connection	prerouting											google	83.1 MB	127.725
16	mark connection	prerouting											google	22.2 MB	107.938
17	mark packet	prerouting												105.2 MB	234.776
18	mark connection	prerouting											microsoft	4188.5 KB	7.482
19	mark connection	prerouting											microsoft	1765.3 KB	8.048
20	mark packet	prerouting												200.1 MB	242.954
21	mark connection	prerouting		6 (tcp)			443.80.8080.8888.4500							589.1 MB	687.007
22	mark connection	prerouting		17 (udp)			443.80.8080.8888.4500							664.6 MB	570.526
23	mark connection	prerouting		6 (tcp)			443.80.8080.8888.4500							495.0 MB	704.162
24	mark connection	prerouting		17 (udp)			443.80.8080.8888.4500							25.9 MB	190.066
25	mark packet	prerouting												1777.6 MB	2.146.161
26	mark packet	prerouting												13.0 MB	75.119

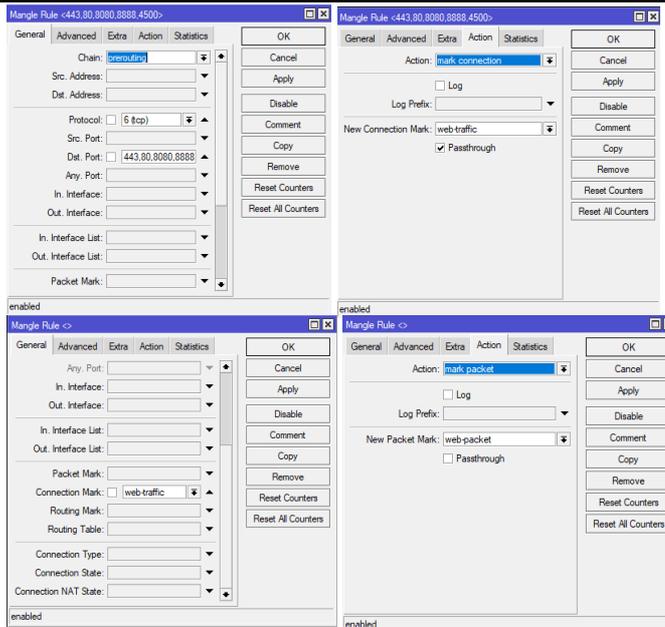
Gambar 3. Firewall Mangle

Konfigurasi firewall mangle pada gambar 3 berfungsi untuk membuat mark connection dan mark packet. Disini untuk menandai traffic koneksi dan paket Penulis akan menggunakan chain prerouting yang artinya akan menandai traffic koneksi, paket yang masuk dan melewati router.

Dari Gambar 3 kita bisa melihat bahwa sudah ada beberapa koneksi dan packet yang sudah ditandai menggunakan chain prerouting. Disini Penulis melakukan rule sesuai dengan apa yang menjadi kebutuhan Perusahaan.

Membuat konfigurasi mangle rule dan menandai traffic koneksi paket untuk browsing.

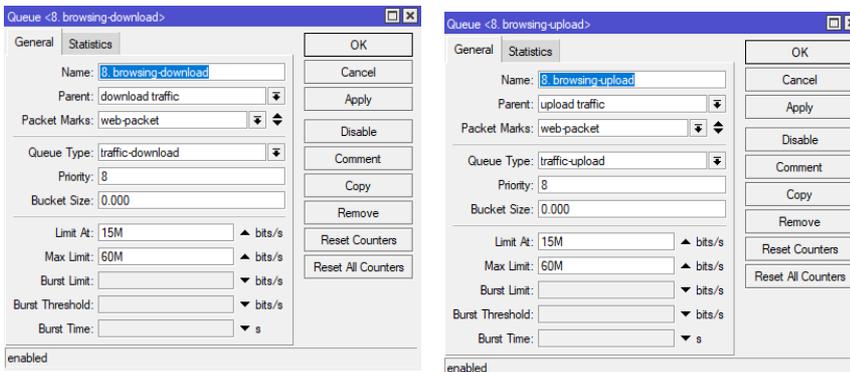
Management Bandwidth menggunakan Hierarchical Token Bucket pada PT. Dutaflow Hidrolik



Gambar 4. Mangle Rule

Konfigurasi mangle rule pada setiap paket akan disesuaikan dengan konfigurasi *download* dan *upload*. Untuk setiap *action* dan *packet mark* disesuaikan dengan koneksi dari paket-paket yang sudah ditandai.

Membuat *Queue* berperan sangat penting. Karena pada tahap inilah yang akan menentukan limitasi pembagian *bandwith* akan dilakukan konfigurasi.



Gambar 5. Queue Tree

Setiap *queue* dapat menjadi *parent* untuk *queue* yang lain. Untuk *Parent Queue* hanya memerlukan konfigurasi *max-limit* dan tidak membutuhkan parameter *limit-at*. Konfigurasi *Parent Queue* yang terdapat di PT. Dutaflow Hidrolik dibuat berdasarkan layanan yang dibeli dari *Provider BizNet* menggunakan layanan *BizNet MetroNet 2*, dengan besaran *bandwidth Up to 60Mbps*. *Queue* untuk paket akan dibedakan berdasarkan prioritas konsumsi penggunaan paket dan aplikasi client dimana akan dibedakan untuk pencapaian *limit-at* nya. Sedangkan untuk *max-limit* dibuat sama yaitu *60Mbps*.

Hal ini bertujuan agar pembagian *bandwidth* sesuai dengan prioritas kebutuhan konsumsi internet pada client di PT. Dutaflow Hidrolik. Setiap aplikasi mendapatkan jatah *bandwidth*-nya masing2 sehingga tidak akan terjadi lagi penggunaan *bandwidth* secara tidak beraturan. Untuk *Limit-at* diperoleh berdasarkan prioritas untuk setiap aplikasi yang diakses client, sedangkan untuk nilai *Max-Limit* dari setiap *child* harus lebih kecil atau sama dengan *max-limit parent queue* supaya proses *management bandwidth* berjalan dengan baik.

Name	Parent	Packet Marks	Queue Type	Priority	Limit At (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Avg. Packets	Bytes	Packets	Dropped
download traffic	ether2-LAN		default	8			60M 6.0 Mbps	864	63.1 GiB	62 909 143	0
1. intisera-download	download traffic	intisera-packet	traffic-download	8	10M	60M	3.2 kbps	1	4196.0 MB	3 698 173	0
2. wifiind-download	download traffic	wifi11-packet	traffic-download	8	10M	60M	263.1 kbps	86	3805.5 MB	4 148 267	0
3. zoom-download	download traffic	meet-packet	traffic-download	8	2M	60M	608 bps	0	46.5 MB	157 560	0
4. whatsapp-download	download traffic	whatsapp-packet	traffic-download	8	5M	60M	2.0 Mbps	226	2635.4 MB	3 662 067	0
5. email-download	download traffic	email-packet	traffic-download	8	5M	60M	46.8 kbps	19	7.6 GiB	6 175 768	0
6. google-download	download traffic	google-packet	traffic-download	8	5M	60M	444.1 kbps	111	4.9 GiB	6 766 597	0
7. microsoft-download	download traffic	microsoft-packet	traffic-download	8	5M	60M	28.4 kbps	27	228.4 MB	546 865	0
8. browsing-download	download traffic	web-packet	traffic-download	8	15M	60M	3.2 Mbps	364	38.4 GiB	34 453 335	0
9. ssa-download	download traffic	sis-paket	traffic-download	8	2M	60M	21.2 kbps	19	231.1 MB	733 567	0
10. ssa2-download	download traffic	no-mark	traffic-download	8	1M	60M	8.2 kbps	12	65.1 MB	500 408	0
upload traffic	ether1-WAN		default	8			60M 4.9 Mbps	1 087	18.5 GiB	50 567 292	0
1. intisera-upload	upload traffic	intisera-packet	traffic-upload	8	10M	60M	496 bps	1	215.7 MB	2 432 704	0
2. wifiind-upload	upload traffic	wifi11-packet	traffic-upload	8	10M	60M	1023.5 kbps	165	1888.5 MB	3 802 084	0
3. zoom-upload	upload traffic	meet-packet	traffic-upload	8	2M	60M	680 bps	0	87.0 MB	184 169	0
4. whatsapp-upload	upload traffic	whatsapp-packet	traffic-upload	8	5M	60M	134.6 kbps	154	650.5 MB	2 882 343	0
5. email-upload	upload traffic	email-packet	traffic-upload	8	5M	60M	9.8 kbps	12	214.5 MB	3 841 684	0
6. google-upload	upload traffic	google-packet	traffic-upload	8	5M	60M	209.7 kbps	152	1578.9 MB	2 770 952	0
7. microsoft-upload	upload traffic	microsoft-packet	traffic-upload	8	5M	60M	1966.6 kbps	244	3877.3 MB	4 881 324	0
8. browsing-upload	upload traffic	web-packet	traffic-upload	8	15M	60M	222.2 kbps	176	4.9 GiB	21 174 195	0
9. ssa-upload	upload traffic	sis-paket	traffic-upload	8	2M	60M	12.9 kbps	14	1150.4 MB	1 611 420	0
10. ssa2-upload	upload traffic	no-mark	traffic-upload	8	1M	60M	1414.6 kbps	169	468.7 MB	907 275	0

Gambar 6. Monitoring Paket Aplikasi dengan metode HTB

Pada Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa pada *parent queue download traffic* menggunakan *interface ether2-LAN* dan pada *parent queue upload traffic* menggunakan *interface ether1-WAN* dikarenakan Mikrotik menghadap ke *client* sehingga konfigurasi untuk *interface ether1-WAN* adalah untuk *upstream* dari *client*. Sedangkan *interface ether2-LAN* untuk *downstream* ke arah *client*. Dapat dilihat setelah dilakukan manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode *Hierarchical Token Bucket*

Management Bandwidth menggunakan Hierarchical Token Bucket pada PT. Dutaflow Hidrolik

(HTB). Pembagian *bandwidth* telah sesuai untuk semua paket aplikasi *client*. Tidak terjadi lagi adanya paket aplikasi dari *client* yang bisa memonopoli penggunaan *bandwidth* secara bersamaan.

Besar *bandwidth* 60 Mbps dapat terbagi rata berdasarkan *max-limit* dan *limit-at* untuk masing-masing paket aplikasi seperti pada gambar 6. Dimana masing-masing mendapatkan *limit bandwidth* sesuai prioritas penggunaan internet. Sedangkan untuk semua *max-limit* aplikasi paket *client* sama yaitu 60 Mbps. Setiap aplikasi paket *client* dapat menggunakan semua *bandwidth* yang tersedia yaitu 60 Mbps dengan syarat *bandwidth* sedang tidak terpakai oleh paket aplikasi lain.

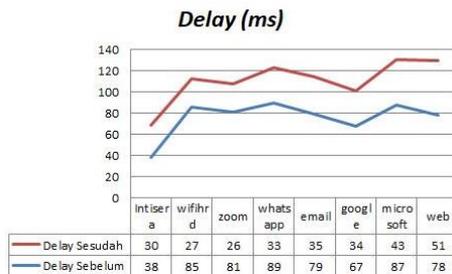
B. Pengujian Jaringan

Dalam membangun jaringan komputer perlu dilakukan sebuah pengujian terhadap jaringan yang telah dibangun sebelumnya. Hal ini berguna untuk memastikan bahwa semua sistem yang telah dibuat sedemikian rupa berjalan dengan baik dan sesuai dengan rancangan. Adapun temuan masalah pada saat pengujian harus segera dilakukan double check dan evaluasi untuk mengoreksi dari masalah tersebut.

Kemudian dilakukan analisa pengujian untuk mengetahui nilai dari delay, packet dan loss yang terdapat pada PT. Dutaflow Hidrolik. Perhitungan QOS yang telah dilakukan diperoleh rata-rata sebagai berikut :

Tabel 1. Pengukuran Delay

Paket Aplikasi	Delay	
	Sebelum	Sesudah
Intisera	38	30
wifihrd	85	27
zoom	81	26
whatsapp	89	33
email	79	35
google	67	34
microsoft	87	43
web	78	51



Gambar 7. Grafik perolehan Delay sebelum dan sesudah

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 dapat diketahui jika nilai delay sebelum diterapkan konsep HTB tertolong tinggi, hal ini disebabkan oleh *bandwidth* yang ada sudah dipakai untuk memenuhi *client* yang membutuhkan *bandwidth* yang besar, sehingga *client* yang lain mengalami delay atau antrian paket data. Setelah metode HTB

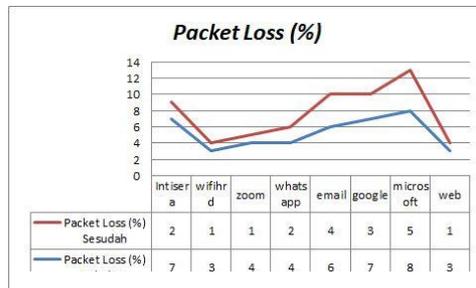
6 diterapkan telah terjadi penurunan nilai delay untuk masing-masing
 7 client dimana rata-rata delay sebelum HTB 75.5 ms menjadi 34.87 ms,
 8 penurunan delay terjadi karena bandwidth yang tersedia telah terbagi
 9 secara optimal untuk masing-masing client sehingga antrian paket data
 10 dapat dihindari.

11 Berdasarkan grafik pada gambar 7 dapat diketahui jika nilai delay
 12 sebelum diterapkan konsep HTB tertolong tinggi, hal ini disebabkan
 13 oleh *bandwidth* yang ada sudah dipakai untuk memenuhi *client* yang
 14 membutuhkan *bandwidth* yang besar, sehingga client yang lain
 15 mengalami *delay* atau antrian paket data. Setelah metode HTB
 16 diterapkan telah terjadi penurunan nilai delay untuk masing-masing
 17 *client* dimana rata-rata *delay* sebelum HTB 75.5 ms menjadi 34.87 ms,
 18 penurunan delay terjadi karena *bandwidth* yang tersedia telah terbagi
 19 secara optimal untuk masing-masing *client* sehingga antrian paket data
 20 dapat dihindari.

21

Tabel 2. Pengukuran Packet Loss

Paket Aplikasi	Packet Loss (%)	
	Sebelum	Sesudah
Intisera	7	2
wifihrd	3	1
zoom	4	1
whatsapp	4	2
email	6	4
google	7	3
microsoft	8	5
web	3	1



Gambar 8. Grafik Perolehan Packet Loss Sebelum dan Sesudah

Berdasarkan grafik pada gambar 8 dijelaskan jika sebelum diterapkan manajemen bandwidth dapat diketahui jika jumlah packet loss hilang memperoleh nilai yang tinggi, client berlomba untuk mendapatkan bandwidth dimana client yang lain akan mendapatkan paket data setelah permintaan client pertama terpenuhi. Packet Loss yang tinggi akan berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi data akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Setelah manajemen bandwidth dengan menggunakan Hierarchical

Management Bandwidth menggunakan Hierarchical Token Bucket pada PT. Dutaflow Hidrolik

Token Bucket diterapkan, terjadi penurunan nilai packet loss untuk setiap client dikarenakan setiap client sudah memiliki jatah bandwidth sendiri, sehingga tidak perlu menunggu paket data client lain terpenuhi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang manajemen bandwidth untuk infrastruktur jaringan komputer pada PT. Dutaflow Hidrolik, maka ditarik kesimpulan bahwa :

- a. Dengan bantuan router Mikrotik, semua perangkat jaringan bisa dilakukan manajemen bandwidth. Cara ini berhasil diimplementasikan oleh peneliti dengan baik. Pembagian bandwidth pada komputer client sudah sesuai dengan yang telah disediakan.
- b. Rancangan infrastruktur jaringan komputer yang telah diimplementasikan pada PT. Dutaflow Hidrolik sering mengalami bandwidth overload yang disebabkan oleh router yang kurang spesifikasinya kurang mendukung, sehingga masih ditemukan kurangnya maksimal pada akses jaringan internet(Throughput).
- c. Pada dasarnya, manajemen bandwidth ini sangat membantu pada pengaturan lalu lintas sebuah jaringan internet. Dengan jumlah client yang cukup banyak, maka metode ini sangatlah tepat. Karena metode ini bisa membagi jumlah bandwidth dengan batasan maksimum secara merata pada jumlah client yang ada pada sebuah jaringan.

Daftar Pustaka

Asmoro, Dwi Ary, Hesti Susilawati, and Azis Wisnu Widhi Nugraha. 2011. "Implementasi Htb (Hierarchical Token Bucket) Untuk Manajemen Bandwidth Pada Router Internet Di Universitas Jenderal Soedirman." *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)* 12(2): 83-88.
<http://jurnal.ump.ac.id/index.php/Techno/article/view/36>.

Hardiman, Aksara LM Fid, Subardin. 2018. "Analisis Perbandingan

- QOS (Quality Of Services) Pada Manajemen Bandwidth Dengan Metode PCQ (Per Connection Queue) Dan HTB (Hierarchical Token Bucket)." *Informatika, Jurusan Teknik Teknik, Fakultas Oleo, Universitas Halu* 4(1): 121-28.
- Madcoms. 2015. *Membangun Sistem Jaringan Komputer Untuk Pemula*. Yogyakarta: Andi.
- Prakasa, Johan Ericka Wahyu. 2018. "Konsep Dasar Jaringan." (Oktober): 106.
- Rifai, Bakhtiar. 2017. "Management Bandwidth Pada Dynamic Queue Menggunakan Metode Per Connection Queuing." *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer)* 2(2): 73-79.
<http://ejournal.nusamandiri.ac.id/index.php/jitk/article/view/386>.
- Supendar, H., and Y. Handrianto. 2017. "Simple Queue Dalam Menyelesaikan Masalah Manajemen Bandwidth Pada Mikrotik Bridge." *Bina Insani ICT Journal* 4(1): 21-30.
- Susianto, Didi. 2016. "Implementasi Queue Tree Untuk Manajemen Bandwidth Menggunakan Router Board Mikrotik." *Cendikia* 12(1): 7.
- Yudianto, M Jafar Noor. 2014. "Jaringan Komputer Dan Pengertiannya". *Ilmukomputer.Com* Vol.1: 1-10.