

Implementasi Sistem Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode *Queue Tree* pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia

Hajjar Yuliana ^{1*)}, Muhammad Fakhri Abdillah ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531

^{*)}Korespondensi : hajjar.yuliana@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

PT. Cilsy Fiolution Indonesia sebagai salah satu perusahaan *startup* yang bergerak di bidang pendidikan teknologi dan informasi (*Edu-Tech*) sangat aktif dalam penggunaan internet. Dalam penyelenggaraan pelayanan, perusahaan pun sering mengalami keterbatasan berupa sumber daya *bandwidth* yang terbatas, disertai dengan jumlah pengguna aktif cukup banyak, menyebabkan pembagian *bandwidth* yang tidak merata dan tidak optimal antar pengguna yang menggunakan akses internet. Salah satu solusi yang biasanya dilakukan untuk menangani masalah tersebut, diantaranya dengan menggunakan perangkat MikroTik *Routerboard*. Penggunaan MikroTik *Routerboard* sering dimanfaatkan untuk menghadapi dan menangani masalah tersebut, karena salah satu fitur yang dimiliki oleh *router* ini adalah pemanfaatan fitur *queue tree* untuk mengatur penggunaan *bandwidth* di suatu tempat. Sehingga dalam penelitian ini, dilakukan implementasi dan analisis pada manajemen *bandwidth* yang dilakukan pada PT. Cilsy Fiolution Indonesia menggunakan MikroTik *Routerboard* agar didapatkan pemerataan distribusi *bandwidth* dan memberikan *Quality of Service (QoS)* yang optimal. Setelah dilakukan implementasi, jaringan menunjukkan kondisi yang stabil dan distribusi *bandwidth* yang lebih merata. Hal ini ditunjukkan dengan pembagian *bandwidth* yang merata sekitar 1,8 Mbps untuk setiap penggunanya. Selain itu, kondisi performa jaringan juga menjadi lebih baik jika dibandingkan kondisi sebelumnya berdasarkan standar ITSE, yaitu peningkatan nilai rata-rata *throughput* hingga 104,98%, penurunan nilai rata-rata *delay* hingga 53,91%, dan penurunan nilai rata-rata *packet loss* hingga 77%.

Kata kunci : manajemen *bandwidth*, mikrotik, *quality of service*, *queue tree*

Abstract

PT. Cilsy Fiolution Indonesia as a startup company engaged in the field of information and technology education (Edu-Tech) is very active in using the internet. In providing services, companies also often experience limitations in the form of limited bandwidth resources, accompanied by a large number of active users, causing uneven distribution of bandwidth and not optimal among users using internet access. One solution that is usually done to deal with this problem is by using a MikroTik Routerboard device. The use of MikroTik Routerboard is often used to deal with this problem, because one of the features possessed by this router is the use of the queue tree feature to manage bandwidth usage somewhere. So in this research, the implementation and analysis of bandwidth management carried out at PT. Cilsy Fiolution Indonesia uses MikroTik Routerboard to get equal distribution of bandwidth and provide optimal Quality of Service (QoS). After implementation, the network shows a stable condition and a more even distribution of bandwidth. This is indicated by an even distribution of bandwidth of around 1.8 Mbps for each user. In addition, network performance conditions have also improved compared to previous conditions based on ITSE standards, namely an increase in the average throughput value of up to 104.98%, a decrease in the average delay up to 53.91%, and a decrease in the average of packet loss up to 77%.

Keywords : *bandwidth management*, mikrotik, *quality of service*, *queue tree*

I. PENDAHULUAN

Info Makalah:

Dikirim : 11-14-2022;
Revisi 1 : 12-21-2022;
Diterima : 12-22-2022.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-81222-997113
e-mail : hajjar.yuliana@lecture.unjani.ac.id

Kebutuhan masyarakat terhadap penggunaan internet pada kehidupan sehari-hari, sudah menjadi salah satu kebutuhan pokok pada segala bidang, seperti kantor, instansi pemerintahan, sekolah, universitas, layanan publik, dan pada penggunaan komunikasi sehari-hari. Penggunaan internet ini pun saat besar peranannya pada kegiatan belajar *online*. Siswa atau peserta didik tetap dapat mengakses dan melakukan kegiatan pembelajaran walaupun berada di tempat yang berbeda

dan jauh dengan pengajarnya, selama ada dan tersedianya fasilitas internet.

Saat ini pun, banyak perusahaan yang menjadi jasa penyedia layanan untuk belajar *online*. Salah satu penyedia jasa layanan belajar *online* yaitu PT. Cilsy Fiolution Indonesia. Perusahaan ini merupakan sebuah perusahaan *startup* yang bergerak di bidang pendidikan teknologi dan informasi (*Edu-Tech*) sangat aktif dalam penggunaan internet, diantaranya pembuatan konten, mengunggah video tutorial, mengunduh materi, *update* pemrograman web, melayani pelanggan, pencatatan keuangan, dan lain sebagainya.

Namun, dengan adanya keterbatasan sumber daya *bandwidth* yang tersedia di kantor PT Cilsy Fiolution Indonesia, yaitu sebesar 20 Mbps untuk *download* serta 5 Mbps untuk *upload*. Dengan jumlah pengguna aktif 8-10 orang dalam waktu yang bersamaan, tidak jarang terjadi distribusi *bandwidth* yang tidak merata antar karyawan yang menggunakan akses internet, sehingga menyebabkan adanya kendala dalam bekerja, seperti jaringan terputus pada salah satu laptop pengguna, waktu tunggu yang lama untuk membuka suatu aplikasi, dan lainnya.

Untuk mengukur kualitas sebuah jaringan, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Seto, Imam, dan Ajub mengenai Analisis *Quality Of Service* (QoS) Pada Jaringan Lokal *Session Initiation Protocol* (SIP) [1] untuk melakukan pengukuran kualitas sebuah jaringan dapat dilihat dari parameter berupa *delay*, *throughput*, dan *packet loss* pada sebuah jaringan komputer. Kemudian, penelitian yang pernah dilakukan oleh Rifki dan Febri mengenai implementasi *Queue tree* untuk manajemen *bandwidth* pada arsitektur jaringan sebuah kampus modern [2] menghasilkan pembagian *bandwidth* yang merata pada semua *user*, sehingga mendapatkan nilai QoS yang baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan *queue tree*. Implementasi *queue tree* yang dilakukan pada penelitian tersebut hanya sebatas memisahkan trafik *upload* dan *download* secara umum, tidak berdasarkan *port* aplikasi, sehingga masih ada kemungkinan suatu jenis koneksi dapat terganggu.

Maka dari itu, pada penelitian ini diimplementasikan sebuah sistem manajemen *bandwidth* pada jaringan PT. Cilsy Fiolution Indonesia yang bertujuan untuk mengatur sumber daya *bandwidth* agar dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin, sehingga distribusi *bandwidth* antar pengguna dapat dibagi merata. Untuk mengukur efisiensi penggunaan manajemen *bandwidth*, digunakan metode pengukuran *Quality of Services* (QoS) menggunakan aplikasi *wireshark* pada jaringan komputer.

II. METODE

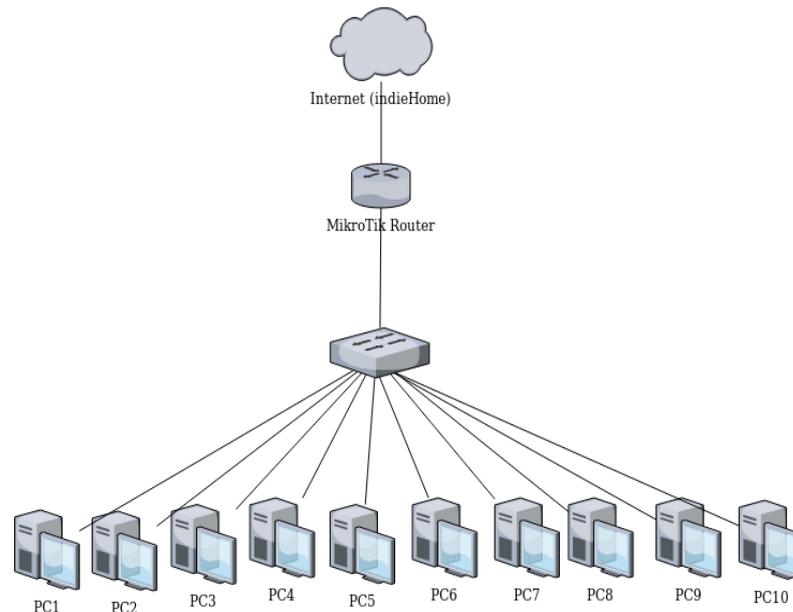
A. Perancangan Sistem

Pada tahap implementasi ini dilakukan penerapan rancangan yang akan dibuat untuk melakukan manajemen *bandwidth* dengan hasil performansi jaringan optimal, diantaranya:

1. Menggunakan pemisahan trafik *upload* dan *download* berdasarkan *port* aplikasi, sehingga suatu layanan yang dijalankan akan lebih stabil karena tidak terinterferensi trafik aplikasi lainnya.
2. Menggunakan metode PCQ (*Per-Connection Queue*) untuk membagi *bandwidth* secara merata kepada semua *user*.
3. Pengujian *bandwidth* dan pengambilan paket data dilakukan dengan cara membandingkan nilai QoS sebelum implementasi sistem manajemen *bandwidth* dan setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth*.

Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia (Hajar Yuliana, Muhammad Fakhri Abdillah: Halaman 111 - 121)

Implementasi sistem manajemen *bandwidth* dengan metode *queue tree* dilakukan pada perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series, berikut ini merupakan topologi sistem yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Topologi sistem manajemen *bandwidth*

Gambar 1. menunjukkan topologi dari sistem manajemen *bandwidth* yang diimplementasikan pada PT Cilsy Fiolution Indonesia. Akses internet dari modem terhubung terlebih dahulu ke perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series sebelum didistribusikan ke jaringan lokal menggunakan perangkat *switch*. Untuk pembagian alokasi *bandwidth*, digunakan pembagian seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Perencanaan manajemen *bandwidth* di PT Cilsy Fiolution Indonesia

Prioritas	Jenis Trafik	Nilai CIR	Nilai MIR
Prioritas 1	DNS	Download: 80Kbps Upload: 80Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
	Ping	Download: 20Kbps Upload: 20Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
	SSH	Download: 512Kbps Upload: 512Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
Prioritas 2	Browsing	Download: 3Mbps Upload: 300Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
	Streaming	Download: 3Mbps Upload: 512Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
Prioritas 3	Download file	Download: 5Mbps Upload: 200Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps
	Trafik lainnya	Download: 5Mbps Upload: 300Kbps	Download: 20Mbps Upload: 5Mbps

B. Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth

Pada implementasi sistem manajemen *bandwidth* ini dilakukan dengan beberapa tahap dengan rincian sebagai berikut:

1. Penandaan koneksi dan paket yang melewati *router* menggunakan *firewall mangle*. Konfigurasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis koneksi dan paket yang melewati *router* pada suatu aktivitas jaringan. Konfigurasi *firewall mangle* yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 2.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In. Inter.	Out. Int.	Bytes	Packets
0	mark connection	prerouting			1 (icmp)			ether2...		0 B	0
1	mark packet	prerouting						ether14...		0 B	0
2	mark packet	prerouting						ether2...		0 B	0
3	mark connection	prerouting			17 (udp)		53	ether2...		0 B	0
4	mark packet	prerouting						ether14...		0 B	0
5	mark packet	prerouting						ether2...		0 B	0
6	mark connection	prerouting			6 (tcp)		22	ether2...		0 B	0
7	mark packet	prerouting						ether14...		0 B	0
8	mark packet	prerouting						ether2...		0 B	0
9	mark packet	forward			6 (tcp)			ether14...		0 B	0
10	mark packet	forward			6 (tcp)			ether2...		0 B	0
11	mark connection	prerouting			6 (tcp)		80.443.21	ether2...		0 B	0
12	mark connection	prerouting			6 (tcp)		80.443.21	ether2...		0 B	0
13	mark connection	prerouting			6 (tcp)		80.443.21	ether2...		0 B	0
14	mark connection	prerouting			6 (tcp)		80.443.21	ether2...		0 B	0
15	mark connection	prerouting			6 (tcp)		80.443	ether2...		0 B	0
16	mark packet	forward						ether14...		0 B	0
17	mark packet	prerouting						ether2...		0 B	0
18	mark connection	prerouting						ether2...		0 B	0
19	mark packet	forward						ether14...		0 B	0
20	mark packet	prerouting						ether2...		0 B	0

Gambar 2 Konfigurasi *firewall mangle*

2. Setelah itu, konfigurasi *queue tree* dapat dilakukan dengan mengatur alokasi *bandwidth* sesuai perencanaan pada Tabel 1, yang ditentukan berdasarkan jenis koneksi dan paket yang telah ditandai pada konfigurasi *firewall mangle*. Konfigurasi *queue tree* yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...	Max Limit	Avg. R...	Queued Bytes	Bytes	Packets
Total-Download	ether2-LAN		30M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior1-Download	Total-Download		1M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
DNS	Prior1-Downlo...	jalur-dns-down	80k	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Ping	Prior1-Downlo...	jalur-ping-down	20k	30M	0 bps	0 B	0 B	0
SSH	Prior1-Downlo...	jalur-ssh-down	512k	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior2-Download	Total-Download		5M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Browsing	Prior2-Downlo...	jalur-browsing-down	3M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Streaming	Prior2-Downlo...	jalur-streaming-down	3M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior3-Download	Total-Download		4M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Download	Prior3-Downlo...	jalur-download	5M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Lainnya	Prior3-Downlo...	jalur-lainnya-down	5M	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Total-Upload	global		10M	10M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior1-Upload	Total-Upload		500k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-dns	Prior1-Upload	jalur-dns-up	75k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-ping	Prior1-Upload	jalur-ping-up	25k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
upload-SSH	Prior1-Upload	jalur-ssh-up	512k	30M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior2-Upload	Total-Upload		300k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-browsing	Prior2-Upload	jalur-browsing-up	300k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-streaming	Prior2-Upload	jalur-streaming-up	512k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Prior3-Upload	Total-Upload		500k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-file	Prior3-Upload	jalur-upload	200k	5M	0 bps	0 B	0 B	0
Upload-lainnya	Prior3-Upload	jalur-lainnya-up	300k	5M	0 bps	0 B	0 B	0

Gambar 3 Konfigurasi *queue tree*

3. Pengujian dilakukan dengan 2 metode, yaitu pengukuran *bandwidth* menggunakan aplikasi web *speedtest.net*, dan pengukuran parameter QoS menggunakan aplikasi *Wireshark*.

III. HASIL DAN DISKUSI

Dari hasil pengukuran setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, didapat grafik perbandingan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Gambar 4 menunjukkan distribusi perbandingan hasil *speedtest* yang dilakukan dengan melakukan aktifitas *download* pada 10 komputer/PC. Diagram batang yang berwarna biru tua menunjukkan kondisi hasil *speedtest* sebelum dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*. Dari Gambar 4 menunjukkan kondisi persebaran besarnya hasil *download* setiap PC tidak sama. Hal ini dapat dilihat pada diagram bahwa terdapat *user* yang mendapatkan alokasi *bandwidth* cukup besar dibandingkan dengan *user* lainnya, yaitu PC1 dengan *bandwidth* 9,39 Mbps

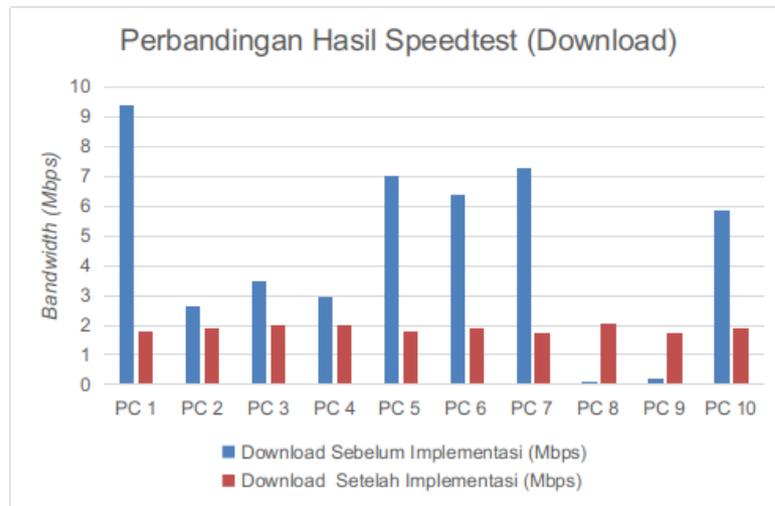
Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia (Hajar Yuliana, Muhammad Fakhri Abdillah: Halaman 111 - 121)

sementara di saat yang bersamaan terdapat *user* yang hanya mendapatkan *bandwidth* 0,1 Mbps yaitu PC8

Hal ini menunjukkan bahwa *bandwidth* tidak diatur sedemikian rupa, sehingga setiap pengguna bisa mendapatkan hasil yang berbeda dan hal ini cukup tidak optimal pada kondisi jaringan.

Sedangkan diagram batang yang berwarna merah kecoklatan pada Gambar 4 menunjukkan distribusi hasil *speedtest* dari 10 PC yang besarnya terukur sama. Kondisi ini terjadi karena telah diterapkan sistem manajemen *bandwidth*. Setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, setiap *user* yang terhubung di jaringan memiliki besar *bandwidth* yang sama rata yaitu dengan rata-rata *bandwidth* 1,88 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa *bandwidth* diatur secara optimal agar semua *user* mendapatkan kapasitas yang optimal dan merata.

Apabila diukur menggunakan aplikasi *wireshark*, didapatkan hasil berupa data yang dapat diolah sehingga mendapatkan informasi parameter QoS. Hasil penelitian ini disampaikan pada paragraf selanjutnya.



Gambar 4 Perbandingan *bandwidth* download sebelum dan setelah implementasi sistem.

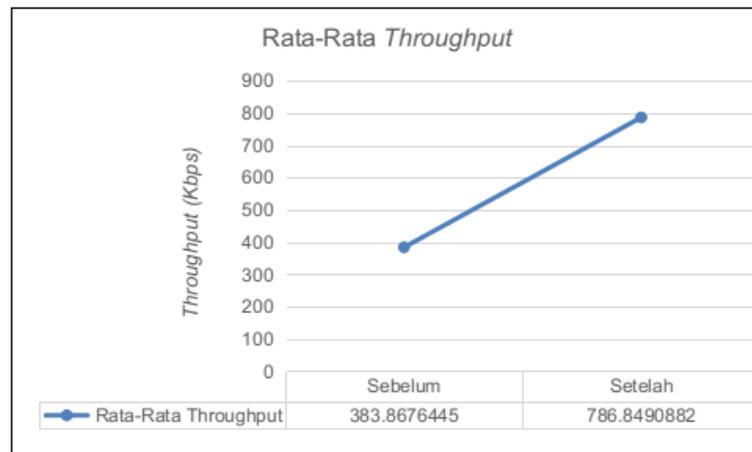
Sebelum implementasi sistem dilakukan, nilai *throughput* rata-rata pada semua *host* hanya 383,868 Kbps, semetara setelah dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*, nilai rata-rata *throughput* meningkat hingga 768,849 Kbps. Hal ini menunjukkan adanya peningkatan nilai *throughput* hingga 104,98% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 2 Hasil pengukuran *throughput* sebelum implementasi sistem (Kbps)

User	Ping	SSH	DNS	Brows- ing	Stream- ing	Down- load	Upload
PC 1	129,96	120,70	107,37	1788,79	1455,40	1197,06	383,09
PC 2	94,06	39,39	33,15	598,02	475,63	327,18	111,83
PC 3	118,80	51,28	50,33	884,60	718,35	628,25	180,15
PC 4	115,27	38,48	39,04	651,90	465,67	422,76	120,37
PC 5	24,30	90,39	90,51	1302,86	1138,69	900,18	253,52
PC 6	39,80	86,21	84,38	1185,89	1142,05	1177,40	309,80
PC 7	51,39	94,20	91,57	1383,54	1289,87	1082,60	348,08
PC 8	111,27	0,00	0,01	0,30	0,05	0,01	0,01
PC 9	104,18	0,01	0,02	0,33	0,06	0,03	0,01
PC 10	86,81	81,78	68,04	1170,99	732,06	752,46	248,20

Pengukuran parameter throughput dapat dihitung dengan melihat jumlah paket yang datang terhadap lama pengamatan, yaitu 2 menit pada masing-masing percobaan. Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran throughput pada masing-masing protokol yang diukur sebelum dilakukan implementasi sistem. Throughput ini merupakan salah satu parameter yang harus diukur dan dianalisis berdasarkan standar ITSE. Beberapa bagian dari throughput yang harus dianalisis diantaranya adalah hasil ping, SSH, DNS, browsing, streaming, download, dan upload.

Setelah mendapatkan data awal berupa hasil pengukuran sebelum implementasi sistem, selanjutnya dilakukan pengukuran *bandwidth* setelah implementasi sistem *bandwidth* dilakukan. Hasil pengukuran *throughput* ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 5 Perbandingan nilai rata-rata *throughput*

Dari hasil pengukuran QoS pada jaringan yang telah dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth* menggunakan perangkat Mikrotik, dapat dilihat bahwa Tabel 3 menunjukkan nilai yang stabil untuk masing-masing protokol. Sebelum implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan terlihat bahwa pada saat 10 *client* melakukan aktivitas bersamaan, maka nilai *throughput* akan stabil dikarenakan adanya pembagian trafik berdasarkan jenis protokol dan prioritas. Hal ini merupakan hasil dari implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan *queue tree* yang menjamin setiap *user* akan mendapatkan batas minimum kecepatan tertentu atau disebut dengan CIR (*Committed Information Rate*), sehingga *user* tidak akan merasa terganggu meskipun jaringan dipakai secara bersamaan dengan jenis trafik yang berbeda. Apabila dilihat dari rata-rata keseluruhan nilai *throughput* baik sebelum dan setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth*, maka dapat terlihat peningkatan kualitas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tabel 3 Hasil pengukuran *throughput* setelah implementasi sistem (Kbps)

User	Ping	SSH	DNS	Brows- ing	Stream- ing	Down- load	Upload
PC 1	132,48	148,93	132,48	2207,20	1795,82	1477,06	472,70
PC 2	117,57	139,71	117,57	2120,98	1686,92	1160,39	396,62
PC 3	118,80	121,04	118,80	2088,14	1695,69	1483,02	425,26
PC 4	122,05	120,31	122,05	2038,05	1455,83	1321,67	376,30
PC 5	121,49	121,32	121,49	1748,77	1528,42	1208,28	340,30
PC 6	119,39	121,99	119,39	1678,05	1616,02	1666,04	438,37
PC 7	119,90	123,34	119,90	1811,54	1688,90	1417,50	455,76
PC 8	115,97	122,72	115,97	1639,00	1703,53	1146,63	308,17
PC 9	111,71	121,73	111,71	1652,75	1449,72	1159,65	308,83
PC 10	100,52	120,81	100,52	1730,01	1081,53	1111,67	366,69

Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia (Hajar Yuliana, Muhammad Fakhri Abdillah: Halaman 111 - 121)

Sebelum implementasi sistem dilakukan, nilai *delay* rata-rata yang terukur pada semua *host* adalah 24,023 ms, sementara setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, nilai *delay* turun menjadi 11,07 ms. Hal ini menunjukkan adanya penurunan nilai *delay* hingga 53,91% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Penurunan *delay* ini terjadi karena pembagian *bandwidth* yang merata setiap penggunaanya, sehingga setiap pengguna memiliki jatah *bandwidth* yang sama, dan tidak ada pengguna yang mendapatkan *bandwidth* yang terlalu kecil. Karena pada kondisi sebelum implementasi sistem manajemen *bandwidth*, pengguna yang mendapatkan *bandwidth* yang kecil, akan memungkinkan terjadinya *delay* atau keterlambatan pengiriman data dan informasi yang cukup tinggi. Kondisi penurunan kondisi *delay* juga ditunjukkan oleh Gambar 6. Sebelum dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*, kondisi *delay* jaringan cukup tinggi hingga mencapai 24 ms. Akan tetapi kemudian mengalami penurunan hingga mencapai 11 ms, setelah dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*.

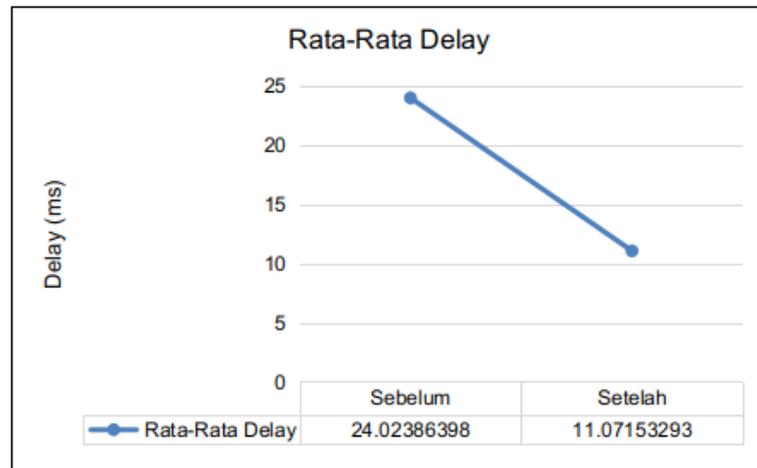
Pengukuran parameter *delay* dapat dihitung dengan melihat waktu tunda yang terjadi antara paket yang ditransmisikan terhadap waktu pengamatan. Tabel 4 menunjukkan hasil pengukuran *delay* pada masing-masing protokol yang diukur sebelum dilakukan implementasi sistem.

Tabel 4 Hasil pengukuran *delay* sebelum implementasi sistem (dalam ms)

User	Ping	SSH	DNS	Browsing	Streaming	Download	Upload
PC 1	31,713	13,642	10,462	0,205	1,369	0,569	3,107
PC 2	37,382	21,578	9,107	4,805	27,762	8,471	4,158
PC 3	62,299	14,876	56,408	4,137	40,159	36,732	35,318
PC 4	32,678	16,195	11,260	3,610	43,246	0,271	8,306
PC 5	56,072	11,331	6,722	3,135	7,369	36,620	26,344
PC 6	52,018	11,218	45,166	3,500	0,198	1,445	3,107
PC 7	49,158	12,495	3,131	0,411	6,216	0,157	7,988
PC 8	32,448	226,459	225,358	4,766	11,636	1,834	17,754
PC 9	33,332	76,373	43,456	25,468	11,663	1,028	0,905
PC 10	35,221	11,358	38,332	0,214	0,146	0,283	0,010

Setelah mendapatkan data awal berupa hasil pengukuran sebelum implementasi sistem, selanjutnya dilakukan pengukuran *bandwidth* setelah implementasi sistem *bandwidth* dilakukan. Hasil pengukuran *delay* ditunjukkan pada Tabel 5.

Berdasarkan data pada Tabel 4 yang menunjukkan parameter *delay* sebelum dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*, *delay* yang terukur cukup besar, yaitu dengan nilai *delay* terbesar 226,459 ms di salah satu pengguna yang terhubung, sementara pada pengguna lain tidak terjadi *delay* yang terlalu besar. Hal ini menunjukkan pembagian distribusi *bandwidth* tidak merata, sehingga salah satu pengguna merasakan waktu tunda yang lama. Setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, terlihat pada data yang ditunjukkan Tabel 5. bahwa nilai *delay* yang terukur menunjukkan nilai yang sangat kecil, yaitu nilai *delay time* tertinggi adalah 35,783 ms. Apabila dihitung nilai rata-rata *delay* yang terjadi baik sebelum dan setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, maka didapat grafik perbandingan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Perbandingan nilai rata-rata *delay*

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata *delay* yang terukur sebelum implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan adalah 24,023 ms, namun nilai rata-rata *delay* yang terjadi setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan adalah 11,07 ms. Hal ini menunjukkan dengan adanya implementasi sistem manajemen *bandwidth* dapat menekan nilai *delay* hingga 53,91%. Nilai *delay* yang terjadi ini dapat dipengaruhi beberapa faktor, diantaranya media jaringan yang digunakan, intensitas trafik yang sedang berlangsung pada saat pengukuran dilakukan, ketersediaan *server*, kecepatan proses *resolve domain*, dan proses *queuing* pada perangkat *router*. Apabila mengacu pada parameter standar ETSI [3], nilai *delay* yang terjadi masih termasuk kategori sangat bagus, yaitu kurang dari 150 ms, sehingga *user* tidak terlalu terganggu dengan adanya *delay* ini.

Tabel 5 Hasil pengukuran *delay* setelah implementasi sistem (dalam ms)

User	Ping	SSH	DNS	Brows- ing	Stream- ing	Down- load	Upload
PC 1	31,120	11,468	8,795	0,172	1,151	0,478	2,612
PC 2	31,152	12,559	5,301	2,797	16,159	4,931	2,420
PC 3	31,150	9,437	35,784	2,624	25,476	23,302	22,404
PC 4	30,959	9,639	6,702	2,149	25,740	0,162	4,943
PC 5	31,151	9,029	5,356	2,498	5,872	29,180	20,991
PC 6	31,211	8,674	34,924	2,706	0,153	1,117	2,403
PC 7	31,282	10,107	2,533	0,332	5,028	0,127	6,462
PC 8	31,184	10,388	10,338	0,219	0,534	0,084	0,814
PC 9	31,227	8,872	5,048	2,958	1,355	0,119	0,105
PC 10	30,994	8,584	28,971	0,162	0,110	0,214	0,007

1. Sebelum implementasi sistem dilakukan, nilai *packet loss* rata-rata yang terukur pada sistem adalah 2,558%, sementara setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, nilai rata-rata *packet loss* dapat ditekan menjadi 0,588%. Hal ini menunjukkan adanya penurunan nilai *packet loss* hingga 77% seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Pengukuran parameter *packet loss* dapat dihitung dengan melihat perbandingan paket yang gagal ditransmisikan terhadap paket yang berhasil ditransmisikan. Tabel 6. menunjukkan hasil pengukuran *packet loss* pada masing-masing protokol yang diukur sebelum dilakukan implementasi sistem.

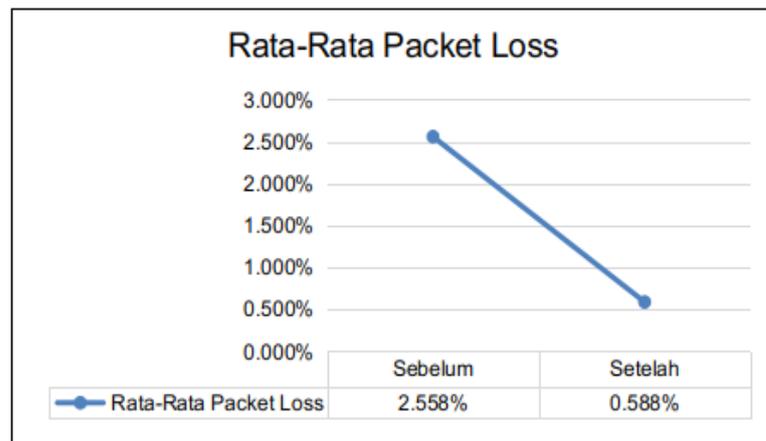
Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia (Hajar Yuliana, Muhammad Fakhri Abdillah: Halaman 111 - 121)

Tabel 6 Hasil pengukuran *packet loss* sebelum implementasi sistem

User	Ping	SSH	DNS	Brows- ing	Stream- ing	Down- load	Upload
PC 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,47%	2,83%	0,78%	0,05%
PC 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,69%	4,85%	0,47%	0,52%
PC 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,89%	2,92%	2,93%	1,04%
PC 4	0,00%	0,00%	0,00%	3,12%	2,38%	1,98%	0,38%
PC 5	0,00%	1,36%	0,00%	1,42%	2,81%	1,71%	0,57%
PC 6	0,00%	0,00%	0,00%	0,88%	3,51%	1,86%	0,10%
PC 7	0,00%	1,03%	0,00%	0,37%	2,66%	1,62%	0,39%
PC 8	2,00%	13,05%	0,00%	21,58%	43,10%	28,08%	7,75%
PC 9	3,10%	0,00%	0,00%	0,77%	4,40%	6,20%	0,37%
PC 10	0,00%	0,00%	0,00%	0,48%	0,80%	0,75%	0,08%

Setelah dilakukan pengukuran sebelum implementasi sistem diterapkan, selanjutnya dilakukan pengukuran *bandwidth* setelah implementasi sistem *bandwidth* dilakukan. Hasil pengukuran *packet loss* ditunjukkan pada Tabel 7.

Berdasarkan data pada Tabel 6. yang menunjukkan parameter *packet loss* sebelum dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth*, *packet loss* yang terukur cukup besar, yaitu dengan nilai *delay* terbesar 28.08% di salah satu pengguna yang terhubung, sementara pada pengguna lain tidak terjadi *delay* yang terlalu besar. Hal ini menunjukkan pembagian distribusi *bandwidth* tidak merata, sehingga salah satu pengguna merasakan waktu tunda yang lama.



Gambar 7 Perbandingan nilai rata-rata *packet loss*

Setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, terlihat pada data yang ditunjukkan Tabel 7. bahwa nilai *delay* yang terukur menunjukkan nilai yang sangat kecil, yaitu nilai *delay time* tertinggi adalah 2,82%. Apabila dihitung nilai rata-rata *delay* yang terjadi baik sebelum dan setelah implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, maka didapat grafik perbandingan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

Tabel 7 Hasil pengukuran *packet loss* setelah implementasi sistem

User	Ping	SSH	DNS	Browsing	Streaming	Download	Upload
PC 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,39%	2,38%	0,65%	0,04%
PC 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,40%	2,82%	0,28%	0,31%
PC 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,56%	1,85%	1,86%	0,66%
PC 4	0,00%	0,00%	0,00%	1,86%	1,42%	1,18%	0,23%
PC 5	0,00%	1,08%	0,00%	1,13%	2,24%	1,36%	0,45%
PC 6	0,00%	0,00%	0,00%	0,68%	2,71%	1,44%	0,07%
PC 7	0,00%	0,83%	0,00%	0,30%	2,15%	1,31%	0,31%
PC 8	0,00%	0,60%	0,00%	0,99%	1,98%	1,29%	0,36%
PC 9	0,00%	0,00%	0,00%	0,09%	0,51%	0,72%	0,04%
PC 10	0,00%	0,00%	0,00%	0,36%	0,61%	0,57%	0,06%

Apabila dibandingkan dengan pengukuran sebelum implementasi sistem manajemen *bandwidth* dilakukan, maka rata-rata nilai *packet loss* dapat ditekan hingga 77,01%. *Packet loss* tertinggi terjadi pada aktivitas *streaming*, karena pada saat *streaming* melalui situs penyedia layanan *video streaming* seperti *YouTube*, *Vimeo*, dan *DailyMotion*, data video akan mengalir terus menerus tanpa jeda, sehingga rentan terjadi *packet loss*. Meskipun terjadi *packet loss* saat transmisi data, namun hal ini tidak akan dirasakan oleh *user*, dikarenakan protokol yang diukur berjenis *Transmission Control Protocol* (TCP), dimana apabila terjadi *packet loss* di sisi penerima, maka penerima akan mengirimkan sinyal kepada pengirim asal untuk mengirimkan kembali paket yang hilang, sehingga nantinya pengguna tidak akan merasakan efek dari paket yang hilang sebelumnya.

Apabila mengacu pada standar ETSI *Packet Loss*[3], maka kualitas jaringan setelah dilakukan implementasi sistem manajemen *bandwidth* dapat dikategorikan sebagai jaringan yang bagus, karena nilai *delay* yang terjadi berada diantara rentang 1-3%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *bandwidth* yang terukur pada jaringan yang menerapkan implementasi sistem manajemen *bandwidth* menggunakan *queue tree*. Penggunaan metode *queue tree* ini menunjukkan kondisi hasil yang lebih stabil dan distribusi yang merata untuk semua pengguna. Para pengguna internet yang terhubung internet pada jaringan tersebut mendapatkan *bandwidth* yang sama besar yaitu sekitar 1,8 Mbps.

Sedangkan dari hasil pengukuran QoS pada aplikasi *Wireshark*, manajemen *bandwidth* dengan metode *queue tree* memberikan hasil yang lebih baik jika dibandingkan tanpa menggunakan sistem manajemen *bandwidth* sama sekali, yaitu peningkatan nilai rata-rata *throughput* hingga 104,98%, penurunan nilai rata-rata *delay* hingga 53,91%, dan penurunan nilai rata-rata tingkat *packet loss* hingga 77%, sehingga mendapatkan kualitas jaringan yang sangat baik berdasarkan standar ITSE. Dari sisi pengukuran QoS ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *queue tree* pada sistem manajemen *bandwidth* ini sangat membantu dalam mengoptimalkan performa atau kinerja jaringannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Seto, S. Imam, dan Z. Ajub, "Analisis quality of Service (QoS) Pada Jaringan Lokal Session Initiation Protocol (SIP) Menggunakan GNS3," 2013.
- [2] R. Perwira dan F. Lianto, "Queue Tree Implementation for Bandwidth Management in Modern Campus Network Architecture," *KINETIK*, vol. 3, pp. 17–26, 2018.
- [3] ETSI, "Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)," vol. 2.1.1, 1999.
- [4] R. Towidjojo, *MikroTik Kung Fu: Kitab 3*. 2016.
- [5] H. Yulianto, *Jaringan Komputer Wire dan Wireless Beserta Penerapannya*. 2018.

Implementasi Sistem Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree pada Perangkat MikroTik RB941-2nD hAP Lite Series di PT Cilsy Fiolution Indonesia (Hajar Yuliana, Muhammad Fakhri Abdillah: Halaman 111 - 121)

- [6] S. Budiyanto dan A. S. Prasetyo, "Studi Analisis Performansi Protokol Routing IS-IS Dan OPFv3 Pada IPV6 Untuk Layanan Video Streaming," J. Teknol. Elektro, Univ. Mercu Buana, vol. 5, pp. 18–32, 2014.
- [7] I. Sofana, *Membangun Jaringan Komputer*. 2008
- [8] K. J. F. dan R. K. W., *Computer Networking A top down approach Featuring the Internet*. 2003.
- [9] E. S. Mulyanta, *Pengenalan Protokol Jaringan Wireless Komputer*. 2005.
- [10] R. Towidjojo, *MikroTik Kung Fu: Kitab 3*. 2016.
- [11] Anonim, "Penggunaan Custom Chain pada Firewall Mikrotik." [Online]. Tersedia: http://mikrotik.co.id/artikel_lihat.php?id=146. [Diakses pada: 20 Juli 2019].
- [12] Mikrotik, "Manual: Queues PCQ -MikroTik Wiki." [Online]. Tersedia: https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Queues_-_PCQ. [Diakses pada: 20 Juli 2019].
- [13] Mikrotik, "Manual: HTB - MikroTik Wiki." [Online]. Tersedia: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:HTB>. [Diakses pada: 20 Jul 2019].
- [14] Athilah, *Mikrotik Untuk Pemula*. 2013.
- [15] Kustanto dan D. T. Saputro, *Membangun Server Internet dengan MikroTik OS*. 2008.