

IMPLEMENTASI BANDWIDTH MANAGEMENT ASESMEN NASIONAL BERBASIS KOMPUTER (ANBK) MENGGUNAKAN METODE PER CONNECTION QUEUE (PCQ) PADA QUEUE TREE (STUDI KASUS: SMP KATOLIK ANDA LURI)

(Implementation Of Bandwidth Management Computer-Based National Assessment (ANBK) Using Per Connection Queue (PCQ) Method On Queue Tree (Case Study: Catholic Junior High School Anda Luri)

Alex Dangi Maneka¹, Fajar Hariadi², Pingky A. R. Leo Lede³

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba

E-mail: ¹alex dangimaneka99@gmail.com, ²fajar@unkriswina.ac.id, ³pingky.leo.lede@unkriswina.ac.id

KEYWORDS:

Bandwidth Management, Per Connection Queue, Queue Tree, Quality of Service.

ABSTRACT

At this time the implementation of ANBK has been running as a pilot in a pandemic situation, various online learning methods are carried out to maintain the pace of educational development such as. The continuity of online learning is also inseparable from the technical errors that are commonly encountered, one of which is related to bandwidth management. This study aims to overcome timed out requests, delays, and clients who fail to send packets to the server at the Computer-Based National Assessment (ANBK) at the Computer Laboratory, Anda Catholic Junior High School Luri. The bandwidth management method used is Queue Tree with queue type Per Connection Queue. (PCQ). This method serves to perform fair and equitable bandwidth management with a large number of clients for sophisticated configurations. Then QoS (Quality of Services) will be measured to see the quality of network comparison before and after implementation

KATA KUNCI:

Manajemen Bandwidth, Per Connection Queue, Queue Tree, Quality of Service

ABSTRAK

Di masa sekarang ini pelaksanaan ANBK sudah berjalan sebagai percontohan dalam situasi pandemi, berbagai metode pembelajaran online dilakukan untuk menjaga laju perkembangan pendidikan. Keberlangsungan pembelajaran online juga tidak terhindar dari kesalahan teknis yang biasa dihadapi, salah satunya berhubungan dengan manajemen bandwidth. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi request timed out, delay, dan client yang gagal mengirimkan paket ke server pada Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) di Laboratorium Komputer, SMP Katolik Anda Luri. Metode manajemen bandwidth yang digunakan adalah Queue Tree dengan tipe queue Per Connection Queue (PCQ). Metode ini berfungsi untuk melakukan manajemen bandwidth yang adil dan merata dengan jumlah client yang sangat banyak untuk konfigurasi yang canggih. Kemudian akan diukur QoS (Quality of Services) untuk melihat kualitas perbandingan jaringan sebelum dan sesudah implementasi.

PENDAHULUAN

Pada saat ini internet merupakan sesuatu yang tidak bisa dipisahkan dari kehidupan sehari-hari, yang dapat digunakan oleh orang untuk mempermudah proses belajar-mengajar dalam pendidikan secara global. Kecepatan dalam mengakses internet dapat dikatakan sebuah prioritas dalam lingkungan kerja yang menerapkan jaringan komputer sebagai media pertukaran data. Ketersediaan internet yang cepat dan stabil akan memberikan banyak keuntungan dalam meningkatkan produktivitas dari beberapa bidang pekerjaan,

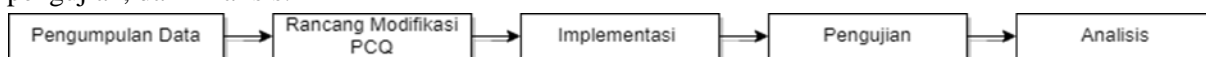
antara lain dari bidang pendidikan. Bidang pendidikan seperti sekolah menyediakan fasilitas internet bagi siswa/siswi, guru serta tenaga kependidikan untuk menunjang kemajuan pembelajaran yang lebih baik. Pemerintah mengadakan adanya Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), untuk beberapa sekolah sebagai percontohan. Pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) sebagai sekolah percontohan harus menyediakan kualitas layanan yang optimal dan minim gangguan. Namun tidak jarang bahwa pelaksanaan ANBK saat ini menggunakan sistem semi-online yaitu soal dikirim dari server pusat secara online melalui jaringan (sinkronisasi) ke server lokal (sekolah), kemudian ujian siswa dilayani oleh server lokal (sekolah) secara offline. Selanjutnya hasil ujian dikirim kembali dari server lokal (sekolah) ke server pusat secara online (upload) sehingga kita jumpai bahwa kecepatan setiap pengguna dalam satu jaringan tidaklah sama, karena itu perlu dilakukan implementasi *bandwidth management* (pengelolaan jaringan) pada pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) di SMP Katolik Anda Luri.

Ketersediaan internet sangat membantu untuk memenuhi kebutuhan siswa dalam pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK). Internet *service provider* (ISP) merupakan salah satu solusi yang dapat memenuhi internet agar para pengguna dapat menerima bandwidth sesuai yang diterima menggunakan internet *service provider* (ISP) IndiHome melalui penyedia layanan PT. Telkom yang berfungsi untuk menyediakan jasa internet yang dimiliki oleh Telkom Indonesia yang dapat digunakan untuk mengakses internet secara bersama sehingga bisa menyebarkan koneksi tersebut ke setiap client dan juga pengalamanan pada paket data yang akan dikirim menjadi lebih jelas dan singkat untuk mengirim paket data untuk menuju alamat yang dituju. Tetapi ketersediaan jaringan tidak selalu memberikan akses koneksi yang cukup, sehingga sering terjadi masalah proses pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK) dalam pengaksesan soal. Penggunaan jaringan yang tidak terkontrol dapat mengganggu penggunaan bandwidth bagi pengguna yang lain. Hal ini disebabkan karena belum ada sistem yang mengontrol penggunaan bandwidth untuk beberapa aktivitas pengguna dalam pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer (ANBK), sehingga memiliki alokasi bandwidth yang terbatas. Sebuah konfigurasi bandwidth management untuk menyelaraskan bandwidth internet setiap pengguna dalam pengolahan berdasarkan kelompok alamat IP tertentu.

Dengan pertimbangan hal-hal tersebut di atas, bahwa permasalahan belum adanya penerapan *Per Connection Queue* (PCQ) sehingga sering ditemui dalam teknologi jaringan komputer bahwa minimnya kapasitas bandwidth yang tersedia sangat berpengaruh dengan kecepatan akses ke internet. Oleh karena itulah harus ada suatu implementasi *bandwidth management* yang tepat dalam mengoptimalkan keterbatasan bandwidth tersebut.

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap dalam metodologi penelitian dapat dijelaskan bahwa penelitian ini akan melalui tahapan kegiatan yaitu tahap pengumpulan data, Rancang modifikasi *Per Connection Queue* (PCQ), implementasi, pengujian, dan Analisis.



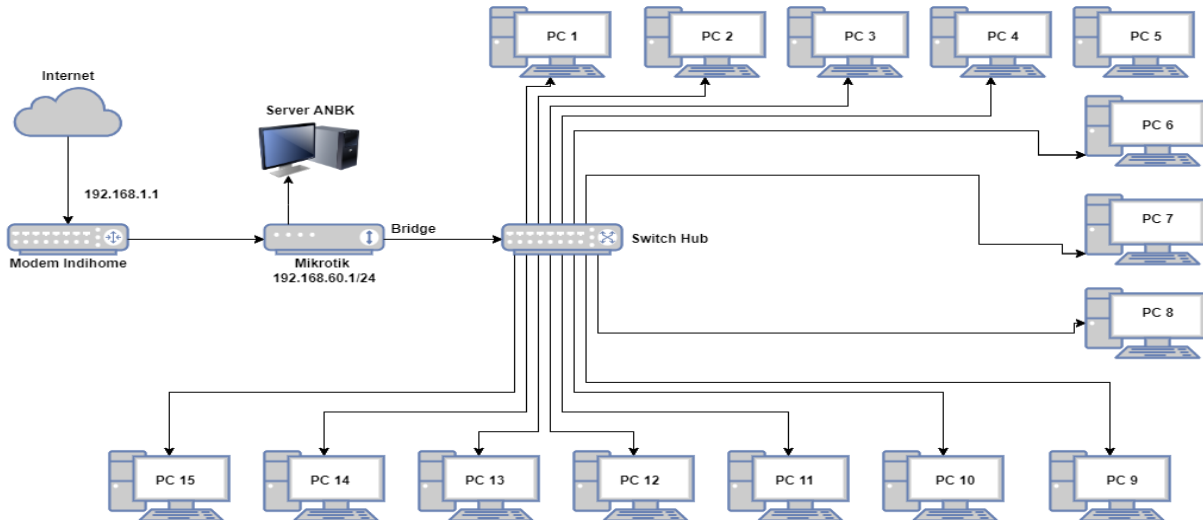
Gambar 1. Tahap-Tahap dalam Metodologi Penelitian

A. Pengumpulan Data

Pengumpulan data awal dilakukan untuk mendapatkan data *bandwidth* untuk download dan upload bagi 15 *client* yang ada dalam laboratorium komputer yang digunakan untuk ujian Sekolah secara online dan hasil analisis *Quality of Service* (QoS) yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* sebelum implementasi manajemen *bandwidth*.

B. Rancang Modifikasi PCQ

Merupakan rancangan topologi jaringan untuk simulasi *Per Connection Queue (PCQ)* dan *Queue tree* dimana *routerboard* mikrotik RB951Ui-2HnD yang akan digunakan sebagai tempat pengaturan manajemen *bandwidth*, yang berfungsi sebagai penyalur jaringan dari *routerboard* mikrotik ke *switch*, akan dihubungkan menggunakan kabel *Unshielded Twisted Pair (UTP)* pada setiap client sehingga pada interface *ether2-ether5* di setting mode bridge sebagai jaringan LAN tujuannya agar *switch* dapat terhubung setiap *client* dan *client* dapat mengakses internet ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



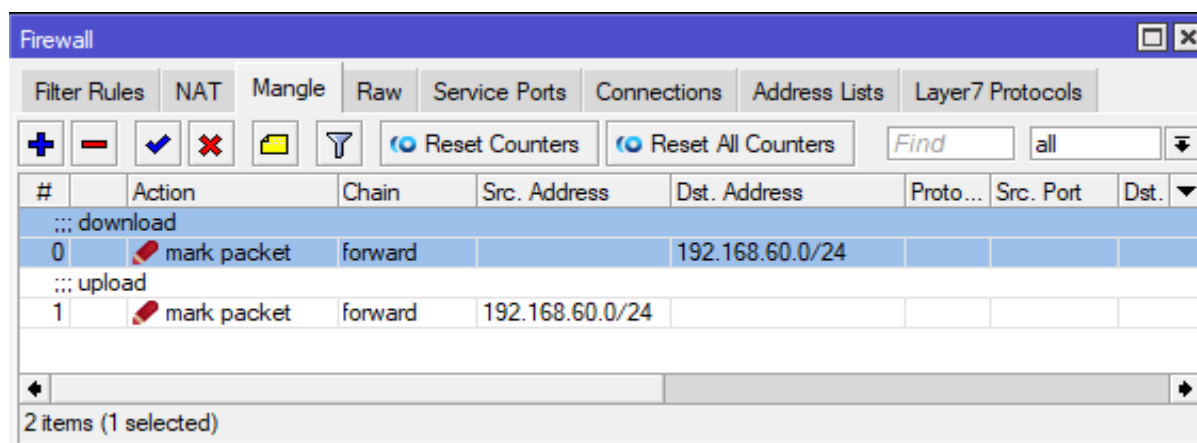
Gambar 2. Topologi Jaringan Untuk Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Pada Gambar 2 modem utama yang dipergunakan sebagai *bridge* yang menyalurkan internet ke jaringan laboratorium komputer, kemudian mikrotik sebagai *router* digunakan untuk mengatur *bandwidth* yang akan dilepaskan modem utama. Hal ini berarti besaran *bandwidth*, IP statis, IP dinamis, *gateway* serta DNS akan dikontrol dan dikendalikan oleh mikrotik. Dari perancangan topologi tersebut, mikrotik ditentukan sebagai *gateway* pada kondisi jaringan laboratorium komputer dan juga dipergunakan untuk manajemen *bandwidth* terhadap lalu lintas data. Setiap *traffic* data yang masuk dan keluar akan diperiksa oleh mikrotik kemudian dilanjutkan ke tujuan.

C. Implementasi

Tahapan yang dilakukan dalam konfigurasi manajemen *bandwidth* dilakukan pada *routerboard* mikrotik sesuai dengan urutan berikut:

- a. Konfigurasi *mangle* pada *firewall* untuk membedakan *traffic* download dan upload seperti yang terlihat pada Gambar 3.

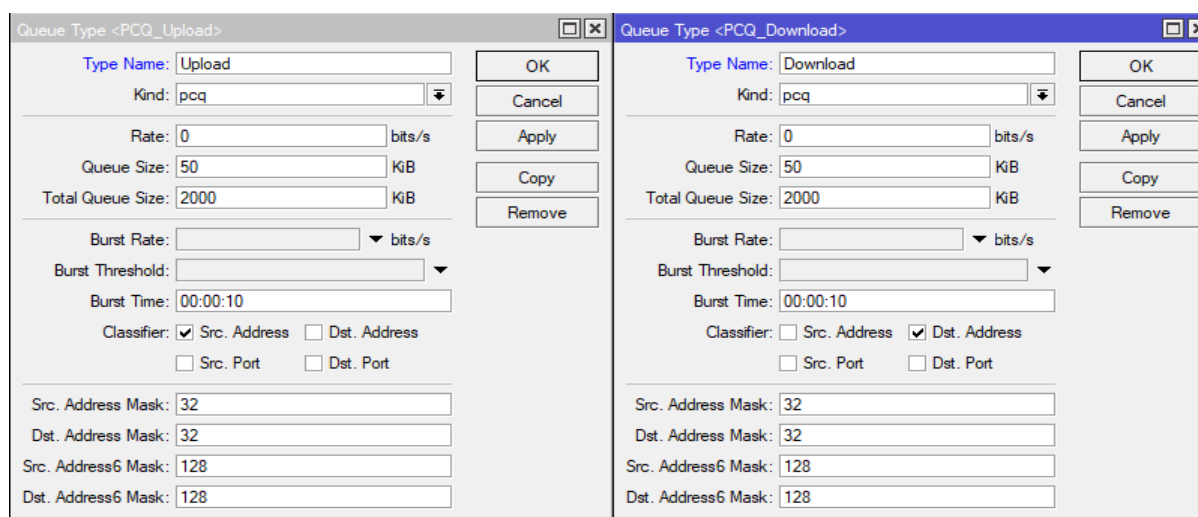


Gambar 3. Konfigurasi *mangle*

Traffic download dan upload dibedakan berdasarkan alamat jaringan asal dan alamat jaringan tujuan. Jika paket berasal dari alamat jaringan LAN maka paket tersebut merupakan paket pada *traffic* upload, sedangkan jika paket memiliki alamat jaringan LAN sebagai tujuan, maka paket tersebut merupakan *traffic* download.

b. Konfigurasi *Per Connection Queue* (PCQ)

Per Connection Queue (PCQ) berfungsi mengklasifikasikan arah koneksi. Jika *classifier* yang digunakan adalah *src.address* pada local *interface*, maka aliran PCQ akan menjadi koneksi upload. Begitu juga dengan *dst.address* akan menjadi download. Sedangkan tampilan konfigurasi PCQ ditunjukkan pada gambar 4.

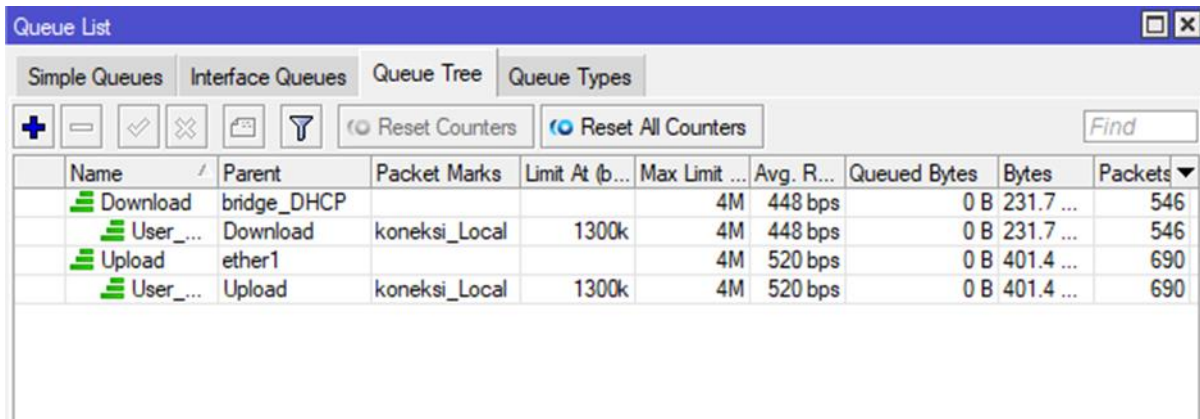


Gambar 4. konfigurasi PCQ

Kecepatan transmisi data pada kedua jalur, baik upload dan download tidak dibatasi dimana PCQ *Rate* = 0. Namun batas maksimum *queue* atau antrian yang dapat ditampung oleh setiap *sub-queue* dibatasi dengan PCQ Limit = 50 KB *per sub-queue*, yang berarti koneksi untuk 15 client akan menghasilkan PCQ Total Limit 2000 KB karena setiap *client* akan menciptakan satu *sub-queue*.

c. Konfigurasi *Queue Tree*.

Tujuan dilakukan konfigurasi *Queue Tree* yaitu untuk membagi rata *bandwidth* sejumlah *client* yang terhubung, dimana nantinya *bandwidth* yang diterima oleh setiap *client* akan bergantung pada banyaknya jumlah *client* yang terhubung. Tampilan *Queue Tree* ditunjukkan pada gambar 5.



Name	Parent	Packet Marks	Limit At (b...	Max Limit ...	Avg. R...	Queued Bytes	Bytes	Packets
Download	bridge_DHCP			4M	448 bps	0 B	231.7 ...	546
User_...	Download	koneksi_Local	1300k	4M	448 bps	0 B	231.7 ...	546
Upload	ether1			4M	520 bps	0 B	401.4 ...	690
User_...	Upload	koneksi_Local	1300k	4M	520 bps	0 B	401.4 ...	690

Gambar 5. *Queue Tree*

Konfigurasi yang dilakukan menyesuaikan *mangle* sebelumnya. *Parent* dari *queue* download adalah *interface* yang digunakan untuk menghubungkan jaringan LAN dimana pada kasus ini *interface* yang digunakan adalah *bridge_DHCP* yang merupakan *bridge* dari *ether2*, *ether3*, *ether4*, dan *ether5*. Batasan *bandwidth* yang diberikan untuk download sebesar 1300 Kb/s dan maksimal *bandwidth* yang diberikan untuk keseluruhan *client* adalah 4 Mb/s. Sedangkan *parent* untuk upload adalah *interface* yang dijadikan sebagai sumber internet, dimana *bandwidth* untuk *traffic* upload dibatasi sebesar 1300 Kb/s. dan maksimal *bandwidth* yang diberikan untuk keseluruhan *client* adalah 4 Mb/s.

D. Pengujian

Pada tahap pengujian sistem akan dilakukan monitoring sejauh mana implementasi metode ini berjalan dan melihat hasil yang akan didapatkan dari *Quality of Service* (QoS). Pengujian dilakukan dengan cara mengakses aplikasi ujian sekolah berbasis *online* dari 15 *client* yang ada di laboratorium komputer SMP Katolik Anda Luri.

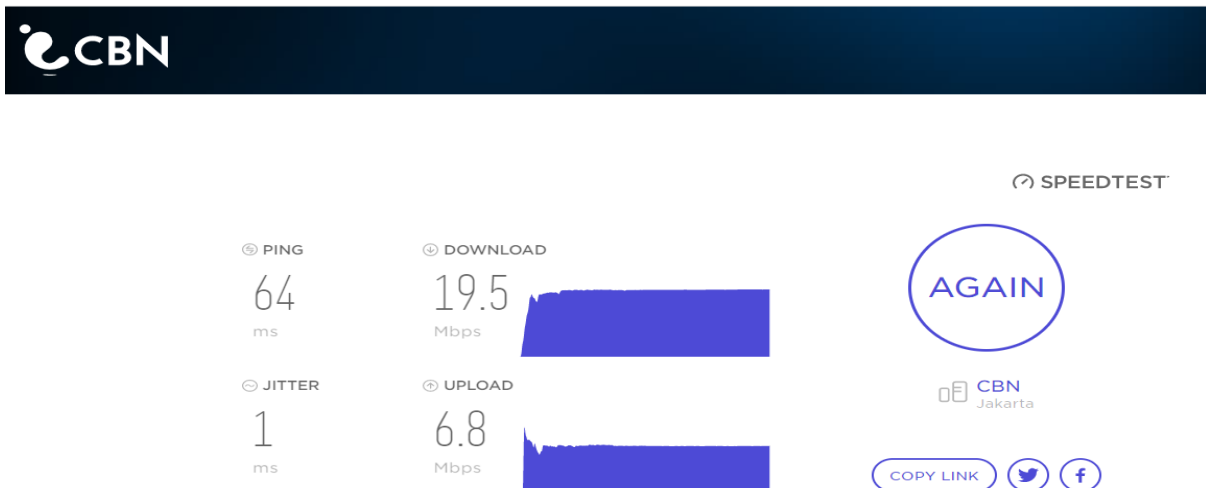
E. Analisis

Langka terakhir yang dilakukan adalah mengevaluasi sistem terhadap *Quality of Service* (QoS) jaringan sebelum dan sesudah implementasi manajemen *bandwidth*. Parameter QoS yang dibandingkan adalah *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* dari *traffic* 15 *client* yang sedang berlangsung ujian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

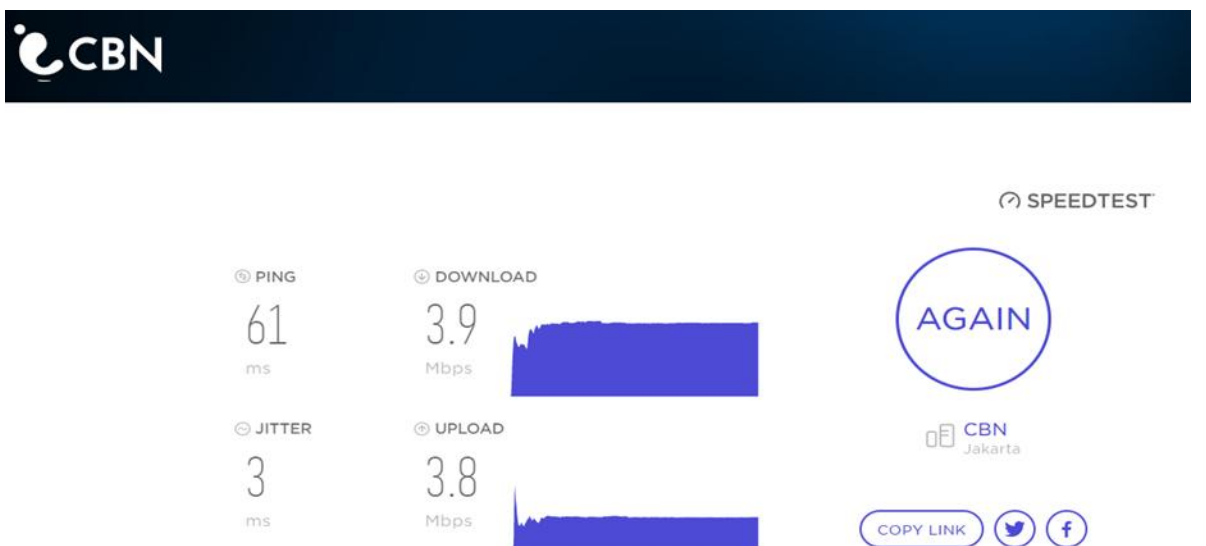
A. Pengujian Sistem Menggunakan *Speedtest*

Pengujian sistem dilakukan menggunakan *Speedtest* untuk melihat apakah konfigurasi yang diterapkan sebelum dan sesudah implementasi memiliki perbedaan atau tidak. Sehingga nantinya dapat dijadikan acuan dalam menguji parameter *Quality of Service* (QoS) seperti yang terlihat gambar 6.



Gambar 6. Nilai *Speedtest* Sebelum Implementasi

Dari Gambar 6 terlihat kecepatan transfer data pada proses download mendapatkan nilai rata-rata 19.5 Mbps dan nilai rata-rata upload 6.8 Mbps dengan ping 64 ms. Nilai Speedtest sesudah implementasi bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai *Speedtest* sesudah implementasi

Hasil pengujian setelah dilakukan implementasi manajemen *bandwidth* menggunakan PCQ dan *Queue Tree* memberikan hasil nilai ping rata-rata 61 MS, nilai rata-rata *bandwidth* untuk aktifitas download 3.9 Mbps dan upload 3.8 Mbps. Hal ini menunjukkan bahwa pembagian *bandwidth* untuk setiap *client* pada proses download dan upload sudah berhasil bekerja dengan baik. Dari kedua pengujian diketahui perbandingan kualitas koneksi dari sebelum dan sesudah konfigurasi dengan metode *Queue Tree*. Presentase penurunan ping yang didapatkan adalah sebesar 90% yaitu dari 64 ms sebelum implementasi dan 61 ms sesudah implementasi. Hal ini membuktikan bahwa *Queue Tree* mampu meminimalisir ping serta dapat membagi *bandwidth* sesuai dengan hasil konfigurasi.

B. Pengujian Menggunakan *Wireshark*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Wireshark* untuk melihat apakah konfigurasi yang diterapkan sebelum dan sesudah implementasi memiliki perbandingan atau tidak. Sebelum nantinya dapat dijadikan acuan dalam menguji parameter *Quality of Service*.

1. Sebelum Implementasi

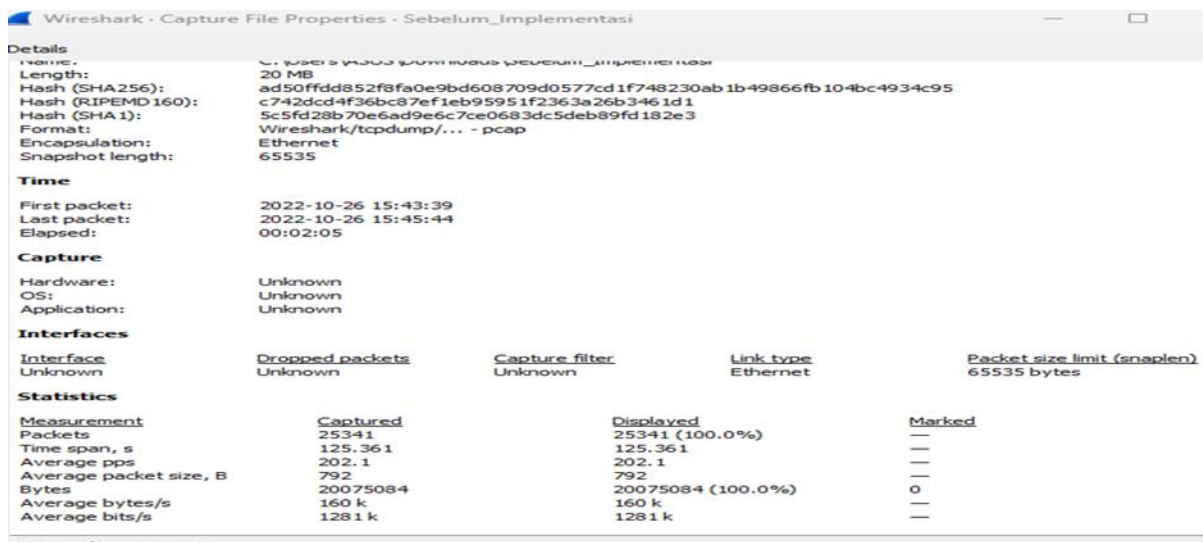
Berikut adalah monitoring data dari aplikasi *wireshark* sebelum implementasi manajemen *bandwidth*. hasil captured ini akan diukur *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput* kemudian akan didapatkan nilai sebelum implementasi manajemen *bandwidth* untuk masing-masing parameter tersebut seperti ditunjukkan oleh Gambar 8.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	192.168.60.1	192.168.60.254	TCP	154	8291 → 6412
2	0.001571	192.168.60.254	192.168.60.1	TCP	154	64127 → 829
3	0.001591	192.168.60.254	192.168.60.1	TCP	154	[TCP Retran
4	0.002925	192.168.60.1	192.168.60.254	TCP	154	8291 → 6412
5	0.048108	192.168.60.254	192.168.60.1	TCP	60	64127 → 829
6	0.048131	192.168.60.254	192.168.60.1	TCP	60	[TCP Dup AC

Offset	Hex	ASCII
0000	04 d4 c4 70 8b d9 cc 2d e0 2e 84 75 08 00 45 00	...p... .u..E.
0010	00 8c a8 10 40 00 40 06 98 0b c0 a8 3c 01 c0 a8	...@.@...<...
0020	3c fe 20 63 fa 7f 0d eb bd 47 93 b5 cd 86 50 18	< .c... .G...P.
0030	0f a5 54 ca 00 00 62 06 00 50 1d 39 c1 c7 aa 96	...T...b...P.9....
0040	64 85 b1 1b 43 69 6b 0c 9b 0e 7f ea a7 82 a7 82	d...Cik... ..
0050	a3 04 cd cf 7b fd 3d fc 03 b9 41 8a 71 58 9a 3a	...{.=...A.qX.:

Gambar 8. Capture Packet Sebelum Implementasi PCQ

Gambar 9 merupakan keterangan dari *capture packet* sebelum implementasi manajemen *bandwidth* untuk melihat statistik dari aktivitas pengiriman dan permintaan paket dari *client*.

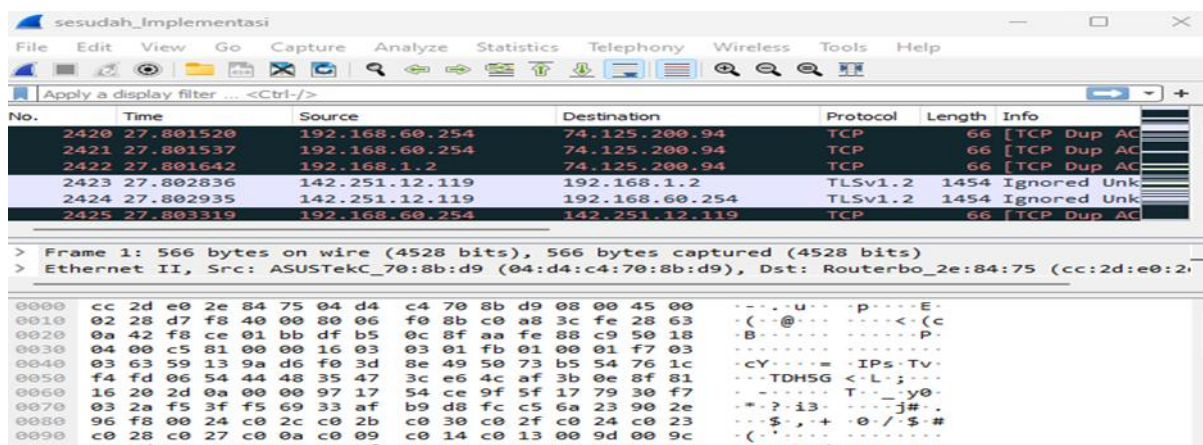


Gambar 9. Capture packet sebelum implementasi

2. Sesudah Implementasi

Berikut adalah tampilan monitoring data dari aplikasi *Wireshark* sesudah implementasi manajemen *bandwidth*. Dari hasil captured ini akan diukur *delay*, *jitter*, *packet loss* dan *throughput* kemudian akan didapatkan nilai sesudah implementasi manajemen *bandwidth* untuk masing-masing parameter tersebut. Seperti yang terlihat pada gambar 10 dan gambar 11.

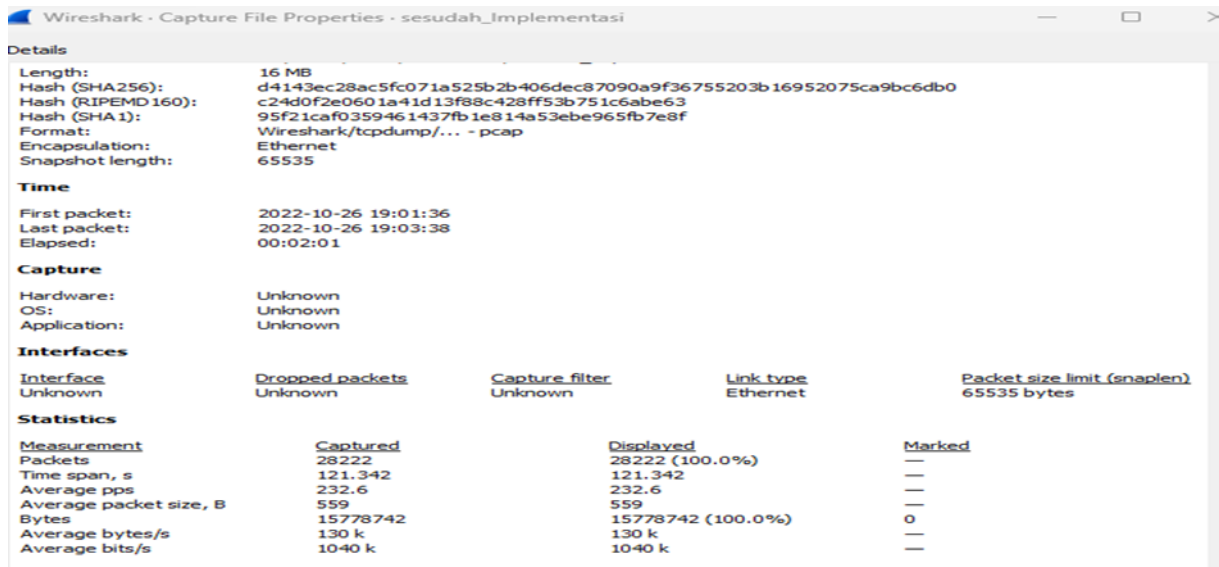
Gambar 10 merupakan keterangan dari *capture packet* sebelum implementasi manajemen *bandwidth*



untuk melihat stastistik dari aktivitas pengiriman dan permintaan paket dari client.

Gambar 10. Capture Packet Sesudah Implementasi PCQ

Gambar 11 merupakan keterangan dari *capture packet* sebelum implementasi manajemen *bandwidth* untuk melihat stastistik dari aktivitas pengiriman dan permintaan paket dari *client*.



Gambar 11. Capture Packet Sesudah Implementasi

3. Pengukuran Parameter Delay

Pengukuran parameter *delay* dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi *Queue Tree*. Pengukuran *delay* akan diukur berdasarkan rumus *delay* pada tabel 1 dan hasil dari pengukuran *delay* akan dikategorikan sesuai dengan kategori *delay*.

Tabel 1. Rumus Delay

<i>Delay</i> rata-rata =	$\frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Packet}} \times 100$
--------------------------	---

Tabel 2. Kategori Delay

Kategori <i>Delay</i>	Besar <i>Delay</i>	Indeks
Sangat Bagus	<150 ms	4
Bagus	150 s/d 300 ms	3
Sedang	300 s/d 450 ms	2
Jelek	>450 ms	1

(Sumber: TIHPHON)

- a. Pengukuran *Delay* Sebelum Implementasi *Queue Tree* dan PCQ

$$\begin{aligned} \text{delay rata - rata} &= \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket}} \\ &= \frac{125.361 \text{ s}}{25341} \\ &= 0.005 \text{ s} \\ &= 0.429 \text{ ms} \end{aligned}$$

Dari hasil *capture Wireshark* menunjukkan hasil *delay* yang diberikan 0.429 ms atau dengan kategori sangat bagus. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Queue Tree* dan PCQ dalam manajemen *bandwidth* memberikan pengaruh yang cukup baik dalam meminimalisir *delay*.

4. Pengukuran Parameter *Packet Loss*

Pengukuran parameter *packet loss* dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi *Queue Tree*. Hasil dari pengukuran *packet loss* akan di kategorikan sesuai dengan kategori *packet loss* pada tabel 3.

Tabel 3. Kategori *Packet Loss*

Kategori <i>Degradasi</i>	<i>Packet Loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

(Sumber: TIHPON)

1. Pengukuran *Packet Loss* sebelum implementasi *Queue Tree* dan PCQ

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= \frac{\text{Paket Dikirim} - \text{Paket Diterima}}{\text{paket diterima}} \times 100\% \\ &= \frac{(25341 - 14704)}{25341} \times 100\% \\ &= (4254/28222) \times 100\% \\ &= 15.073\% \end{aligned}$$

Dari hasil *capture Wireshark* menunjukkan *packet loss* yang diberikan sebesar 41.975% atau dengan kategori jelek.

2. Pengukuran *Packet Loss* yang diberikan sebesar 41.975% atau dengan kategori jelek.

$$\begin{aligned} \text{Rumus} &= \frac{\text{Paket Dikirim} - \text{Paket Diterima}}{\text{paket Diterima}} \times 100\% \\ &= \frac{(28222 - 23968)}{28222} \times 100\% \\ &= (4254/28222) \times 100\% \\ &= 15.073\% \end{aligned}$$

Dari pengukuran *packet loss* sesudah implementasi hasil *capture wireshark* menunjukkan *packet loss* yang diberikan sebesar 15.073% atau dengan kategori sedang. Dari hasil kedua perhitungan terdapat perbedaan jumlah *packet loss* antara kondisi jaringan sebelum implementasi PCQ dan *Queue Tree* dengan sesudah implementasi.

5. Pengukuran Parameter Throughput

Pengukuran parameter *throughput* dilakukan untuk melihat perbandingan sebelum dan sesudah implementasi *Queue Tree*. Pengukuran *throughput* akan diukur berdasarkan rumus *throughput* pada tabel 3 dan hasil pengukuran *throughput* akan dikategorikan sesuai dengan kategori *throughput* pada 4 dan tabel 5.

Tabel 4. Rumus Throughput

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}}$$

Tabel 5. Kategori Throughput

Kategori Throughput	Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	100	4
Bagus	75	3
Sedang	50	2
Jelek	<25	1

(Sumber: TIHPON)

1. *Throughput* sebelum implementasi *Queue Tree* dan PCQ.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}}$$

$$\begin{aligned} &= 20075084 \text{ byte}/125.361 \text{ s} \\ &= 160.138 \times 8 \text{ (untuk konversi ke kilobit)} \\ &= 1281.105 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan hasil *capture wireshark*. maka setelah kalkulasi didapatkan *throughput* sebelum implementasi sebesar 1281.105 Kbps (*kilobit per second*).

2. Pengukuran *throughput* sesudah implementasi *Queue Tree* dan PCQ

$$\begin{aligned} \text{Throughput} &= \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}} \\ &= 15778742 \text{ byte}/121.342 \text{ s} \\ &= 130.0352887 \times 8 \text{ (untuk konversi ke kilobit)} \\ &= 1040.282 \text{ Kbps} \end{aligned}$$

Jadi, berdasarkan hasil *capture wiresark* maka setelah dikalkulasi mendapatkan *throughput* setelah implementasi sebesar 1040.282 Kbps (*kilobit per second*).

Didapatkan *throughput* yang dihasilkan mengalami penurunan hingga 18.80% yaitu 128.105 Kbps menjadi 1040.282 Kbps dengan kategori sangat bagus.

KESIMPULAN

Metode *Queue Tree* dan PCQ dapat membatasi dan membagi *bandwidth* secara merata bagi 15 *client* dengan pembatasan *bandwidth* sesuai dengan konfigurasi yang telah dilakukan yaitu batasan *bandwidth* download 1300 Kbps dan batasan *bandwidth* upload 1300 Kbps dan batasan maksimal *bandwidth* setiap *client* rata-rata mendapatkan 4 Mbps. Batasan yang dilakukan mampu meningkatkan *Quality of Service* (QoS) yang dihasilkan. Hal ini tercermin dari menurunnya delay dengan *presentase* penurunan hingga 13.09% dari 4.497 ms sebelum implementasi menjadi 0.429 ms sesudah implementasi dengan kategori sangat bagus. Pada parameter *throughput* mendapatkan penurunan sekitar 18.80% sebelum implementasi 1281.105 Kbps menjadi 1040.282 Kbps sesudah implementasi dengan kategori sangat bagus. Sedangkan parameter *packet loss* dengan metode *Queue Tree*, nilai yang diberikan mengalami perubahan dimana sebelum 41.975% dan sesudah adanya PCQ dan *Queue Tree* 15.073% terdapat perbedaan *packet loss* 64.09%, kategori *packet loss* masuk dalam kategori jelek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arifin, M. A. S. (2018). Penerapan Bandwidth Management Untuk Dynamic User Pada Mikrotik Menggunakan Per Connection Queue (PCQ). *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 4(2), 194–198. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v4i2.102>
- [2] Dale, W. W., Hariadi, F., Mikaela, R., & Malo, I. (2021). *The Effect Of Queue Tree On Packet Loss In Bandwidth Management Online Based School Exam*. 4(2), 36–41.
- [3] ETSI. (2020). Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS). *Etsi Tr 101 329 V2.1.1, 1*, 1–37.
- [4] Faisal, I., & Fauzi, A. (2019). Analisis QoS Pada Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq (Per Connection Queueing). *Jurnal Teknologi Dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 1(1), 137–142.
- [5] Kharismawati, S. A. (2022). Evaluasi Pelaksanaan Asesmen Nasional Berbasis Komputer di Sekolah Dasar Terpencil. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 7(2), 229–234. <https://doi.org/10.51169/ideguru.v7i2.372>
- [6] Prayoga, S. (2021). Analisa Manajemen Bandwidth Simple Queue Dan Queue Tree. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi*, 3(3), 95–101.
- [7] Supendar, H., & Siregar, M. H. (2018). Metode Queue Tree Dalam Membangun Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik. *Journal of Information System, Applied, Management, Accounting and Research*, 2(2), 29–34.
- [8] Wulandari, R. (2016). Analisis QoS (Quality of Service) pada Jaringan Internet UPT Loka Uji Teknik Penambangan-LIPI. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 2(2), 162–172.