

# ANALISIS SIMULASI BANDWIDTH DENGAN MENGGUNAKAN METODE PCQ (PER CONNECTION QUEUING) UNTUK MENINGKATKAN QoS (QUALITY OF SERVICE)

## ANALYSIS OF BANDWIDTH SIMULATION USING PCQ (PER CONNECTION QUEUING) METHOD TO IMPROVE QOS (QUALITY OF SERVICE)

Sindy Arta Sutarman<sup>1</sup>, Rd. Rohmat Saedudin<sup>2</sup>, Umar Yunan Kurnia Septo Hediyanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung

<sup>1</sup>sindyarta@student.telkomuniversity.ac.id, <sup>2</sup>rdrohmat@telkomuniveristy.ac.id,

<sup>3</sup>umaryunan@telkomuniversity.ac.id

### Abstrak

Di zaman *modern* ini semakin berkembangnya teknologi, membuat semakin banyaknya orang yang menggunakan *internet*. Banyaknya pengguna *internet* menyebabkan sering terjadinya kendala salah satunya disebabkan oleh *bandwidth*. Kenadala-kendala tersebut salah satunya yaitu jaringan *internet* sering *down* dan tidak meratanya pembagian *bandwidth*. Maka dari itu manajemen *bandwidth* sangat dibutuhkan dan sangat penting karena digunakan untuk pengguna agar dapat mengakses *internet* dengan lancar, nyaman dan stabil. Sering terjadinya pembagian *bandwidth* yang tidak merata mengakibatkan satu pengguna dapat mengakses *internet* dengan lancar sedangkan pengguna lainnya lambat dalam mengakses *internet* atau bahkan sama sekali tidak dapat mengakses *internet*. Dari permasalahan diatas penulis melakukan manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode PCQ (*Peer Connection Queuing*) pada Mikrotik dibantu dengan *Queue Tree*. Dengan menggunakan metode PCQ maka alokasi *bandwidth* akan dibagi merata pada setiap *user*. PCQ juga dapat mengoptimalkan *bandwidth internet* dan dengan metode PCQ maka kualitas dari jaringan juga akan meningkat. Penulis menggunakan parameter dari QoS (*Quality of Service*) yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* untuk menghitung apakah kualitas dari jaringan sudah *optimal*. Hasil dari penelitian ini yang diukur menggunakan QoS sudah sesuai dan optimal dan dengan menggunakan metode PCQ sangat membantu untuk membagi *bandwidth* dengan merata.

**Kata kunci :** *Bandwidth, Manajemen Bandwidth, PCQ, QoS, Queue Tree*

### Abstract

In this modern era, technology is growing, making more and more people using the internet. The number of internet users causes frequent obstacles, one of which is caused by bandwidth. The constraints are one of which is that the internet network is often down and the uneven distribution of bandwidth. Therefore bandwidth management is needed and very important because it is used for users to be able to access the internet smoothly, comfortably and stably. Often the occurrence of uneven bandwidth sharing results in one user can access the internet smoothly while the other user is slow in accessing the internet or even completely unable to access the internet. From the above problem the author manages bandwidth by using PCQ (*Peer Connection Queuing*) method on Mikrotik assisted by *Queue Tree*. By using pcq way then bandwidth allocation will be shared on each user. PCQ can also optimize internet bandwidth and with the PCQ method, the quality of the network will also increase. The author uses the parameters of QoS (*Quality of Service*) namely *throughput*, *packet loss*, *delay*, and *jitter* to calculate whether the quality of the network is *optimal*. The results of this study measured using QoS are appropriate and optimal and using the PCQ method it is helpful to divide bandwidth evenly.

**Keywords:** *Bandwidth, Manajemen Bandwidth, PCQ, QoS, Queue Tree.*

### 1. Pendahuluan

Akhir-akhir ini awal tahun 2020 sampai sekarang masih terjadi penyebaran wabah virus *covid-19* yang mengakibatkan semua orang harus beraktifitas secara WFO (*Work from Home*). Karena semua aktivitas harus dilakukan dirumah masing-masing maka penggunaan *internet* semakin meningkat dan kebutuhan *bandwidth* juga akan semakin meningkat, sehingga manajemen *bandwidth* sangat penting untuk situasi sekarang ini untuk pengoptimalan kerja dari *bandwidth* agar jaringan tidak mudah *down*. Dalam menghadapi pandemi ini banyak universitas yang menggunakan dan mengembangkan media belajar secara daring atau *online* seperti *E-Learning*. Media pembelajaran ini merupakan salah satu solusi agar kegiatan belajar mengajar tetap dapat berjalan dengan lancar walaupun diakses di rumah masing-masing. Universitas Telkom memiliki media pembelajaran online yang sudah ada sebelum terjadinya pandemi yang bernama CeLOE. Layanan ini diakses setiap hari oleh mahasiswa

dan dosen yang menyebabkan terbatasnya jaringan terhadap internet dan banyaknya user yang mengakses CeLOE menyebabkan loading yang terlalu lama dan harus melakukan perhitungan bandwidth agar tidak mudah down saat digunakan. Oleh karena itu management bandwidth sangat diperlukan. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, maka penulis melakukan analisis dengan mengadaptasi layanan CeLOE Universitas Telkom seperti topologi dari CeLOE dengan menggunakan metode PCQ (Per Connection Queuing). Dengan mengimplementasikan metode PCQ maka bandwidth akan dibagi secara merata ke seluruh client yang aktif, agar kualitas dari jaringan semakin meningkat, optimal dan pergerakan data lebih cepat.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Bandwidth

*Bandwidth* adalah jumlah data yang dapat ditransmisikan dilakukan dalam waktu yang sama dalam pertukaran data dengan jumlah waktu yang tetap. biasanya *bandwidth* dinyatakan dalam satuan bit per detik (bps), satuan bps ini digunakan untuk perangkat digital, tetapi *bandwidth* dapat dinyatakan dalam *hertz* (Hz). Faktor faktor yang menyebabkan *bandwidth* penting, sebagai berikut: 1. Besarnya saluran *bandwidth* akan mempengaruhi pada kecepatan transmisi, data yang besar atau data yang jumlahnya banyak akan melewati saluran *bandwidth*, jika saluran *bandwidth* tersebut kecil maka kecepatan transmisi juga akan mengalami penurunan, jadi besar kecilnya saluran atau *bandwidth* mempengaruhi kecepatan transmisi yang diterima. Sedangkan kecepatan transmisi ini dibutuhkan untuk aplikasi yang real time contohnya video *conference*. *Bandwidth* mempunyai batas maksimal yang dapat dicapai pengguna, jadi *bandwidth* memiliki keterbatasan yang digunakan untuk mentransmisikan data. 3. Di zaman yang sekarang ini kebutuhan dalam berinternet semakin tinggi dan pengembangan jaringan dan infrastrukture yang semakin banyak menyebabkan kebutuhan atau konsumsi *bandwidth* akan mengalami peningkatan [1].

### 2.2 Manajemen Bandwidth

Manajemen *bandwidth* adalah teknologi untuk mengupayakan manajemen *bandwidth* dan jaringan untuk menyediakan performa jaringan yang adil, memuaskan dan merata untuk pengguna. Semakin banyak aplikasi dan bervariasinya layanan yang dikerjakan oleh suatu jaringan akan berdampak pada link disuatu jaringan. Manajemen *bandwidth* digunakan untuk memastikan *bandwidth* yang digunakan memadai atau memenuhi kebutuhan *user* atau kebutuhan trafik dan mencegah perebutan jalur antar aplikasi yang lainnya [2]. Jalur-jalur yang ada harus mampu menangani kebutuhan *user* yang banyak, bahkan ketika jalur mengalami antrian atau penimbunan yang cukup banyak jalur-jalur yang ada tetap harus mampu menangani agar pergerakan atau pertukaran data tetap berjalan

### 2.3 QoS (Quality of Service)

QoS (*Quality of Service*) merupakan metode untuk melakukan pengukuran suatu kualitas jaringan guna untuk menjamin tingkat kinerja tertentu ke data network [3]. QoS (*Quality of Service*) merupakan teknik atau mekanisme yang membuat aplikasi dapat berjalan atau beroperasi dengan semestinya atau yang diharapkan. Berikut ini merupakan parameter dari QoS [2]:

1. *Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan pengiriman paket, sejak paket tiba ke sistem hingga selesai ditransmisikan, *delay* biasanya dipengaruhi oleh faktor lamanya proses antrian yang diperlukan untuk paket mengantri atau menunggu antrian yg sedang diproses, *delay* ini biasa disebut dengan *delay* antrian. Persamaan yang dapat digunakan untuk menunjukkan perhitungan *delay* sebagai berikut:

$$Delay = \frac{Total\ delay}{Jumlah\ total\ paket}$$

Besarnya *delay* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Table 1 *Delay*

| Kategori <i>Delay</i> | Besaran <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      |

2. *Throughput* dapat disebut juga dengan kecepatan rata-rata data yang diterima suatu node dalam waktu

tertentu untuk mentransfer file. Satuan *throughput* sama dengan *bandwidth* yaitu bps. Berikut merupakan rumus mencari nilai *throughput* adalah sebagai berikut:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}}$$

*Throughput* dapat dibagi menjadi empat kategori, sebagai berikut:

Table 2 *Throughput*

| Kategori <i>Throughput</i> | <i>Throughput</i> | Indeks |
|----------------------------|-------------------|--------|
| Sangat Bagus               | 100%              | 4      |
| Bagus                      | 75%               | 3      |
| Sedang                     | 50%               | 2      |
| Jelek                      | <25%              | 1      |

3. *Packet Loss* adalah parameter yang menunjukkan sebuah kondisi jumlah total paket yang hilang, paket dapat hilang dikarenakan konflik dan kemacetan pada jaringan yang berpengaruh pada aplikasi dan dapat mengurangi efisiensi jaringan. Berikut rumus dalam *packet loss* dan kategori degradasi pada *packet loss* dan kategori degradasi pada *packet loss*:

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket total tercapture} - \text{paket terkirim}}{\text{Paket total tercapture}} \times 100\%$$

Table 3 *Packet Loss*

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

4. *Jitter* disebut juga dengan variasi delay. Terdapat standar kategori penurunan performansi jaringan berdasarkan nilai *jitter* sesuai dengan versi Thipon [4]

Table 4 *Jitter*

| Kategori <i>Jitter</i> | Besaran <i>Jitter</i> | Indeks |
|------------------------|-----------------------|--------|
| Sangat Bagus           | 0 ms                  | 4      |
| Bagus                  | 0 ms - 75 ms          | 3      |
| Sedang                 | 75 ms - 125 ms        | 2      |
| Jelek                  | 125 ms - 225 ms       | 1      |

Persamaan yang digunakan untuk menunjukkan jumlah *jitter* sebagai berikut

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket diterima}}$$

#### 2.4 PCQ (*Peer Connection Queuing*)

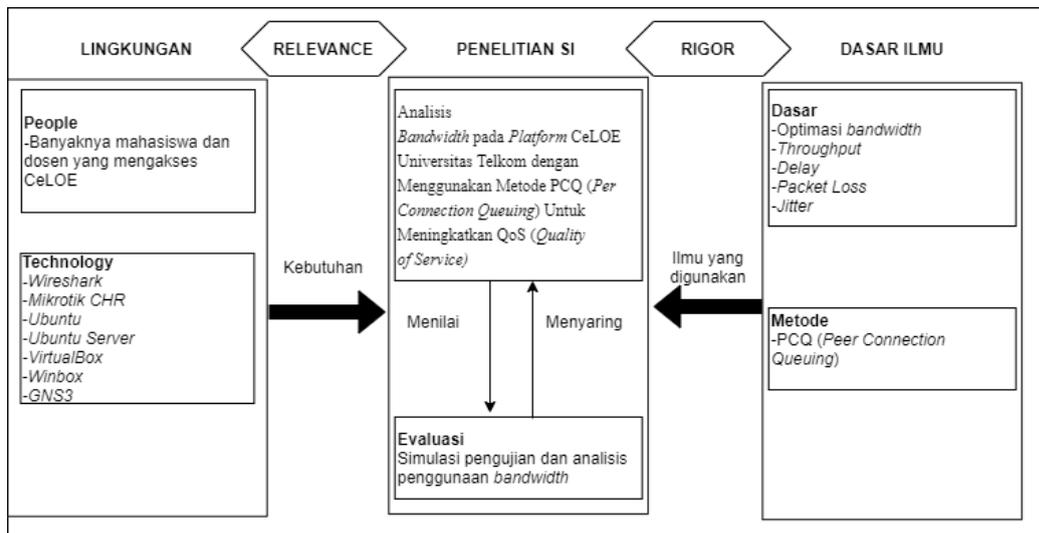
PCQ digunakan untuk menangani jumlah *client* yang banyak atau jaringan dengan *client* yang tidak dapat diperkirakan jumlahnya. Dengan banyaknya jumlah *client* yang tidak bisa ditentukan akan mempengaruhi penerapan manajemen *bandwidth* yang lebih rumit, karena saat akan mengalokasikan *bandwidth* harus mengetahui berapa jumlah *client* yang ada di dalam jaringan. Dengan menggunakan metode PCQ walaupun jumlah *client* mencapai ratusan hanya menggunakan satu atau beberapa baris konfigurasi *queue* [5]. PCQ merupakan logika yang diawali dengan menggabungkan satu substream lalu ketika *client* bertambah maka akan menambah substream yang lain. Selanjutnya antrian akan diatur oleh PCQ dengan melakukan limit *bandwidth*

pada setiap penggunaanya. *Bandwidth* akan dibagi merata sesuai dengan client yang masih aktif, rate pada PCQ harus disetting karena jika tidak kecepatan *download* pada *user* tidak terbatas [6]. Jika hanya ada satu *user* maka *user* tersebut akan mendapatkan *bandwidth* maksimum tetapi jika melebihi satu *user* maka akan dibagi secara merata.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Model Konseptual

Kerangka konseptual atau model konseptual menjelaskan kerangka berpikir peneliti mulai dari perumusan masalah, analisis kebutuhan, hingga pembuatan solusi. Model konseptual juga akan membantu peneliti untuk mengidentifikasi masalah- masalah yang ada. Model konseptual yang akan digunakan di penelitian ini sebagai berikut.

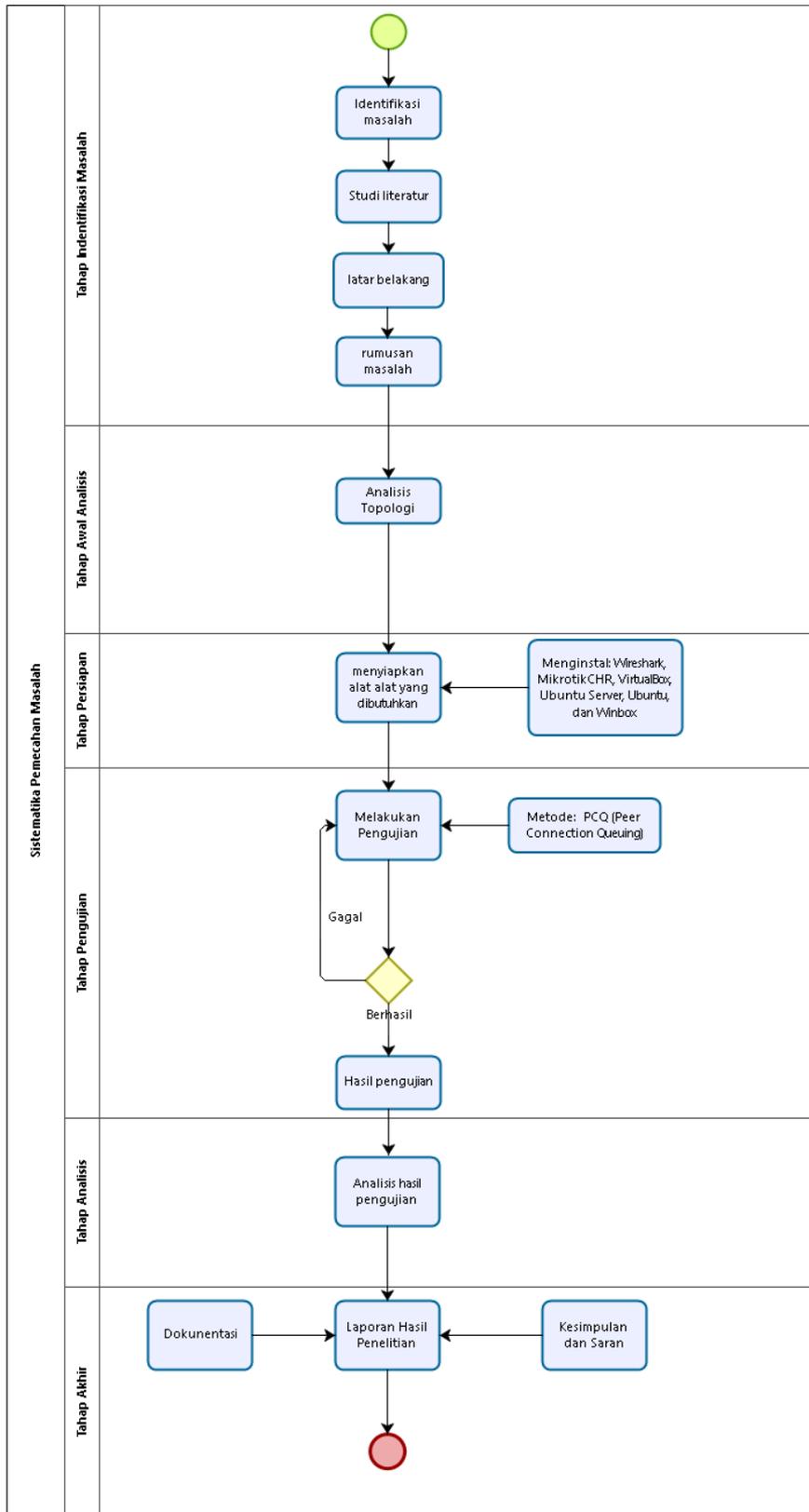


Gambar 1 Model Konseptual

Pada Gambar 1 dijelaskan tentang data yang dibutuhkan dalam penelitian ini agar permasalahan yang ada dapat dianalisis dan dipahami dengan mudah. Berdasarkan Gambar 1, penelitian ini menggunakan metode PCQ.

#### 3.2 Sistematika Penyelesaian Masalah

Sistematika penelitian menjelaskan tentang penggambaran alur atau proses yang menjelaskan tahapan mulai dari awal penelitian hingga akhir penelitian yang dikerjakan. Sistematika penelitian juga digunakan sebagai gambaran pemecahan masalah agar dapat diselesaikan dan dicapai sesuai dengan yang sudah direncanakan, alur atau proses ini penggambarannya berupa *flowchart*. Berikut merupakan sistematika penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 2 Sistematika Penyelesaian Masalah

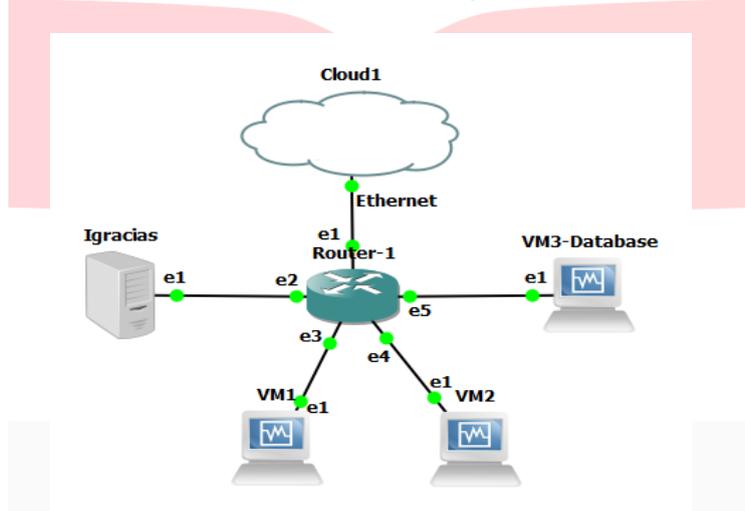
Dengan adanya Gambar 2 dapat menunjukkan bagaimana penelitian ini akan dijalankan.

**4. Perancangan dan Pengujian**

Rancangan simulasi dilakukan untuk menjalankan pengujian dengan terstruktur atau terarah dan untuk mendapatkan hasil pengujian dengan emulator dan simulator tanpa harus menggunakan alat yang sebenarnya, hasil yang diperoleh juga akan menyerupai atau bahkan sama dengan hasil yang asli jika diterapkan. Untuk itu tahap awal yang dibutuhkan adalah topologi serta detail dari topologi tersebut.

**4.1 Topologi Jaringan**

Berikut ini merupakan topologi rancangan CeLOE. Dalam topologi ini *client* adalah *cloud* karena *client* mengakses CeLOE melalui *internet*. Kemudian disini ada *server* Igracias yang digunakan untuk mensinkronisasikan akun SSO (*Single Sign On*) yang digunakan di CeLOE sudah sama dengan yang ada di Igracias. Kemudian ketika *client* sudah masuk maka nanti akan masuk kedalam VM1 dan VM2 untuk mengambil data di *Database*. Kemudian dalam melakukan manajemen *bandwidth* akan dilakukan pada *router*.



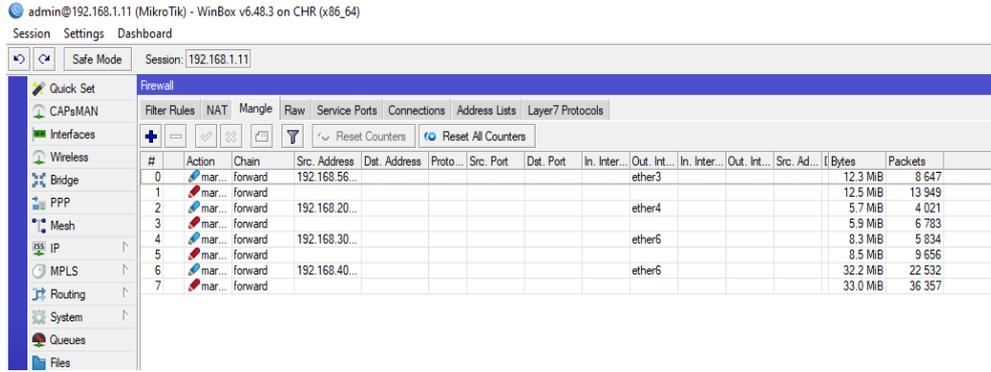
Gambar 3 Topologi Jaringan

Table 5 Ip Address

| No | Interface | Ethernet  | Ip Address   | Subnet Mask   |
|----|-----------|-----------|--------------|---------------|
| 1. | Cloud     | Ethernet  | 192.168.10.2 | 255.255.255.0 |
| 2. | Igracias  | Ethernet1 | 192.168.20.2 | 255.255.255.0 |
| 3. | VM1       | Ethernet1 | 192.168.30.2 | 255.255.255.0 |
| 4. | VM21      | Ethernet1 | 192.168.40.2 | 255.255.255.0 |
| 5. | Database  | Ethernet1 | 192.168.50.2 | 255.255.255.0 |
| 6. | Router    | Ethernet1 | 192.168.10.1 | 255.255.255.0 |
|    |           | Ethernet2 | 192.168.20.1 | 255.255.255.0 |
|    |           | Ethernet3 | 192.168.30.1 | 255.255.255.0 |
|    |           | Ethernet4 | 192.168.40.1 | 255.255.255.0 |
|    |           | Ethernet5 | 192.168.50.1 | 255.255.255.0 |

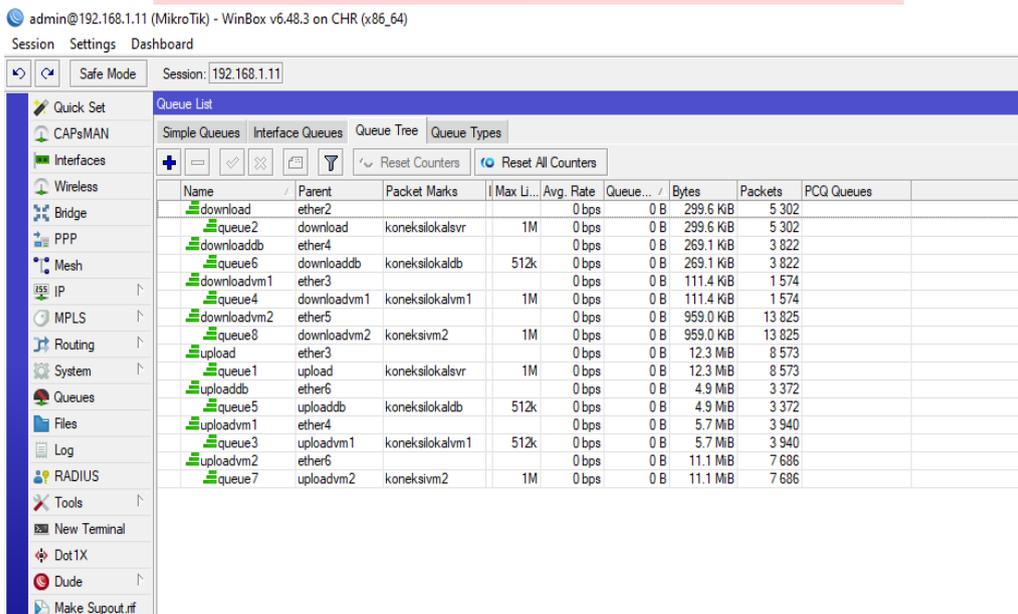
**4.2 Pengujian**

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui metode PCQ akan berhasil atau tidak, berikut merupakan proses dan hasilnya:

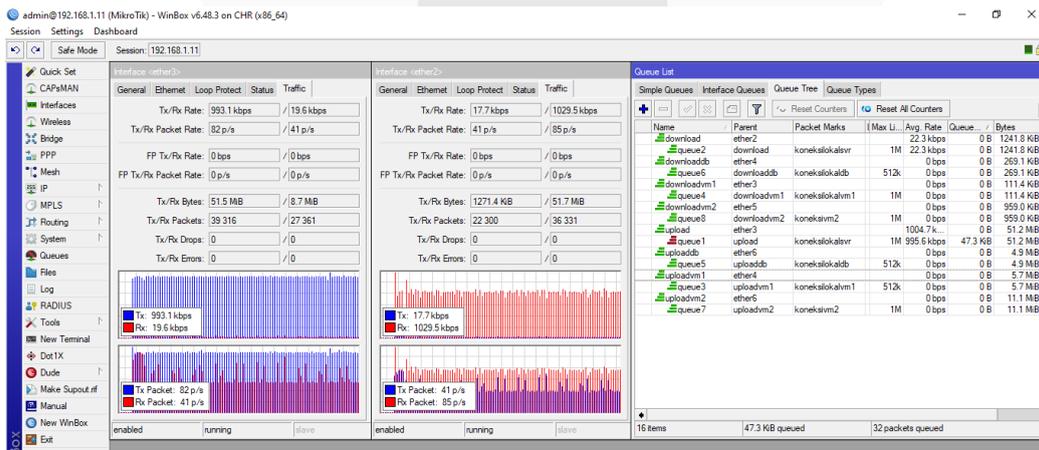


Gambar 4 Membuat Mangle

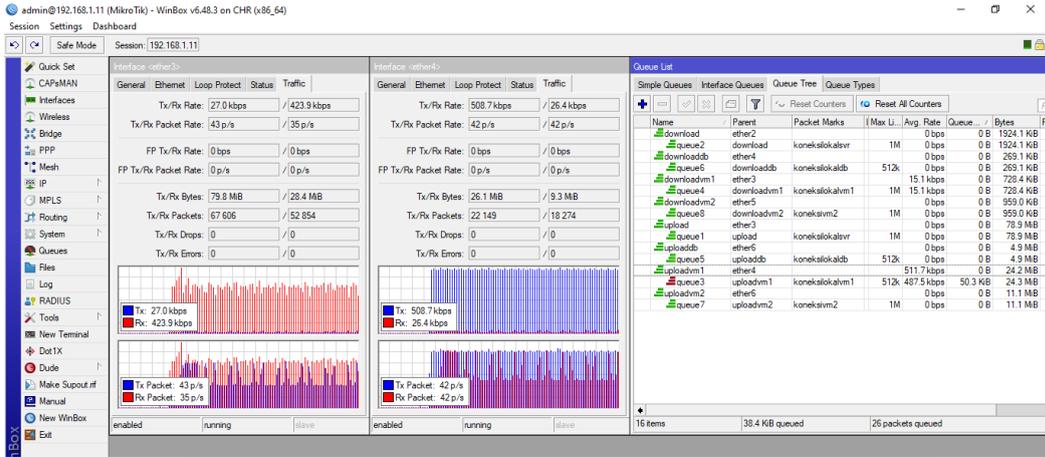
Mangle digunakan untuk menandai sebuah koneksi atau paket data yang melewati router agar dapat diatur oleh Mikrotik.



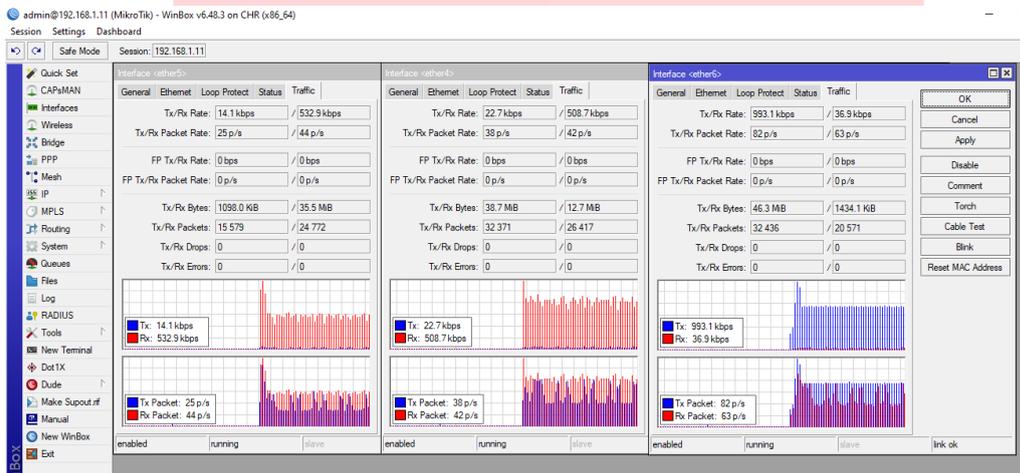
Gambar 5 Hasil Pengaturan PCQ pada Queue Tree



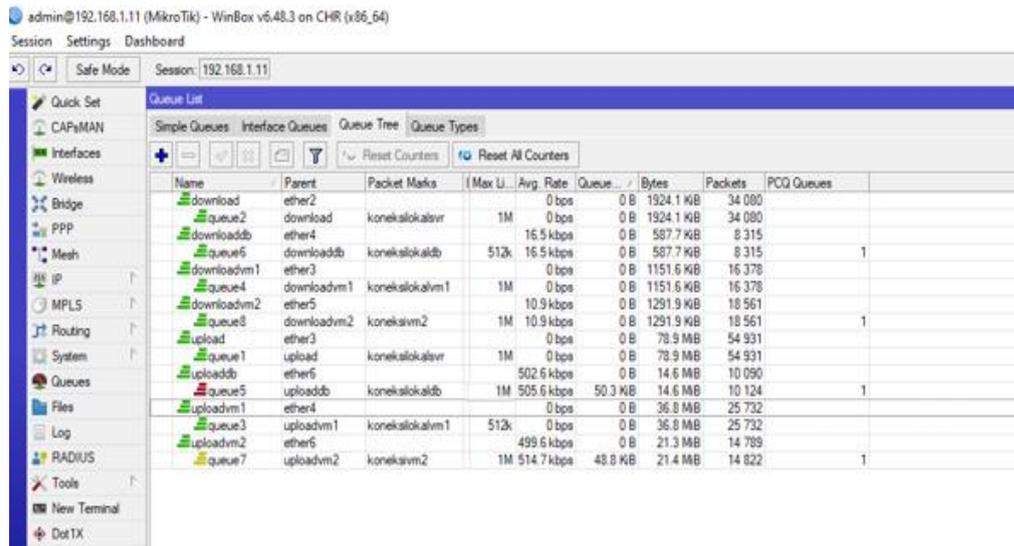
Gambar 6 Hasil Pengujian Client ke Igracias



Gambar 7 Hasil Pengujian Server ke VM1



Gambar 8 Hasil Pengujian VM1 dan VM2 ke Database



Gambar 9 Hasil Pengujian VM1 dan VM2 ke database

## 5. Analisis dan Pembahasan

Setelah melakukan pengujian maka tahap selanjutnya adalah analisis QoS dari hasil yang sudah didapatkan, sebagai berikut:

### 1. Analisis *Throughput*

Table 6 Hasil *Throughput*

| Perangkat                      | Kategori <i>Throughput</i> | Hasil <i>Throughput</i> | Indeks |
|--------------------------------|----------------------------|-------------------------|--------|
| <i>Client ke Server</i>        | Sedang                     | 44,8%                   | 2      |
| <i>Server ke VM1</i>           | Bagus                      | 53,8%                   | 3      |
| VM1 dan VM2 ke <i>Database</i> | Sangat Bagus               | 94,5%                   | 4      |

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa *throughput* dalam penelitian ini dengan mengadopsi topologi dari CeLOE Universitas Telkom menggunakan GNS3 dengan hasil menunjukkan bahwa kualitas jaringan yang sudah bagus. Rata-rata setiap perangkat hasil *throughput* berada di atas 25% yang menandakan bahwa setiap paket yang dikirim dan diterima dapat berjalan dengan lancar dan optimal. *Throughput* tertinggi terdapat pada VM1 dan VM2 ke *Database* mencapai 94,5% dengan kategori sangat bagus, menunjukkan bahwa dalam penerimaan dan pengiriman paket dapat dikirimkan dengan kurun waktu tertentu atau bisa disebut juga dengan pengiriman yang cepat.

### 2. Analisis *Packet Loss*

Table 7 Hasil *Packet Loss*

| Perangkat                      | Kategori <i>Packet Loss</i> | Hasil <i>Packet Loss</i> | Indeks |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------|
| <i>Client ke Server</i>        | Sangat Bagus                | 0,8%                     | 4      |
| <i>Server ke VM1</i>           | Sangat Bagus                | 0,5%                     | 4      |
| VM1 dan VM2 ke <i>Database</i> | Sangat Bagus                | 1,1%                     | 4      |

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa *packet loss* dalam penelitian ini dengan mengadopsi topologi dari CeLOE Universitas Telkom menggunakan GNS3 dengan hasil menunjukkan bahwa berada dikisaran kurang dari 3% yang menandakan bahwa setiap paket yang dikirim dan diterima dapat berjalan dengan lancar dan optimal. *Packet loss* terkecil terdapat pada *Client ke Server* dengan hasil *packet loss* hanya 0,8% dengan kategori sangat bagus. Hal ini menunjukkan bahwa setiap paket yang dikirim atau diterima minim kejadian paket data yang dikirim hilang.

### 3. Analisis *Delay*

Table 8 Hasil *Delay*

| Perangkat                      | Kategori <i>Delay</i> | Hasil <i>Delay</i> | Indeks |
|--------------------------------|-----------------------|--------------------|--------|
| <i>Client ke Server</i>        | Sangat Bagus          | 15 ms              | 4      |
| <i>Server ke VM1</i>           | Sangat Bagus          | 12 ms              | 4      |
| VM1 dan VM2 ke <i>Database</i> | Sangat Bagus          | 7,5 ms             | 4      |

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa *delay* dalam penelitian ini dengan mengadopsi topologi dari CeLOE Universitas Telkom menggunakan GNS3 dengan hasil menunjukkan bahwa berada dikisaran kurang dari 150ms yang menandakan bahwa setiap paket yang dikirim dan diterima dapat berjalan dengan lancar dan optimal. *Delay* terkecil terdapat pada VM1 dan VM2 ke *Database* dengan hasil *delay* hanya 7,5% dengan kategori sangat bagus. Hal ini menunjukkan bahwa setiap paket yang dikirim atau diterima dapat menempuh jarak tujuan dengan waktu yang cepat.

### 4. Analisis *Jitter*

Table 9 Hasil *Jitter*

| Perangkat                      | Kategori <i>Jitter</i> | Hasil <i>Jitter</i> | Indeks |
|--------------------------------|------------------------|---------------------|--------|
| <i>Client ke Server</i>        | Bagus                  | 0,053 ms            | 3      |
| <i>Server ke VM1</i>           | Bagus                  | 0,002 ms            | 3      |
| VM1 dan VM2 ke <i>Database</i> | Bagus                  | 1,3 ms              | 3      |

Dari hasil tabel diatas dapat disimpulkan bahwa jitter dalam penelitian ini dengan mengadopsi topologi dari CeLOE Universitas Telkom menggunakan GNS3 dengan hasil menunjukkan bahwa berada dikisaran 0 ms – 75 ms yang menandakan bahwa setiap paket yang dikirim dan diterima dapat berjalan dengan lancar dan optimal, serta sangat minim terjadinya *delay* pada saat pengiriman maupun penerimaan paket data.

## 6. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian kali ini adalah :

1. Setelah melakukan pengujian manajemen *bandwidth* dengan mengadopsi topologi dari CeLOE pada GNS3 dan dengan menggunakan parameter *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* diperoleh hasil yang memuaskan. Untuk hasil rata-rata dari *throughput* sebesar 64,37% ini membuktikan bahwa kecepatan *transfer* data cukup efektif dan dari standar yang sudah ditetapkan oleh THIPON memperoleh kategori yang bagus. Sedangkan untuk hasil rata-rata dari *packet loss* memperoleh hasil yang kecil yaitu sebesar 0,8% ini membuktikan bahwa setiap paket yang dikirim atau diterima *minim* kejadian paket data yang dikirim hilang. Untuk hasil rata-rata dari *delay* sebesar 11,5 ms setiap paket yang dikirim atau diterima dapat menempuh jarak tujuan dengan waktu yang cepat dan dari standar yang sudah ditetapkan yaitu jika dibawah 150ms maka kategorinya sangat bagus. Untuk hasil rata-rata *jitter* diperoleh hasil sebesar 0,45 ms jika di dalam standar nilai yang dihasilkan bagus, pada parameter *jitter* juga dapat dilihat bahwa paket data kecil jadi kemungkinan terjadinya tabrakan dan kemacetan pada *delay* juga semakin kecil.
2. Setelah melakukan penelitian dengan menggunakan metode PCQ dalam manajemen *bandwidth* mendapatkan hasil yang baik dapat dilihat dari parameter QoS *bandwidth* menjadi semakin optimal dan maksimal. Metode PCQ membantu untuk membagi *bandwidth* dengan sama rata dan adil disetiap usernya, di lihat dari parameter serta trafik menunjukkan bahwa penerapan *bandwidth* sudah baik.

## Referensi:

- [1] Wartono, W. W., & Pramono, E. (2019). ANALISA OPTIMASI PENGGUNAAN BANDWIDTH DENGAN FAILOVER DAN LOAD BALANCE PADA MIKROTIK. *Jurnal Informa*, 5(3), 33-39.
- [2] Faisal, I. (2018). An Analisis Qos Pada Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq (Per Connection Queueing). *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, 1(1), 137-142.
- [3] Sutiyo, S. (2015). TPROXY dan FILTERING SEBAGAI METODE OPTIMASI PEMAKAIAN BANDWIDTH INTERNET. *Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 8(1).
- [4] THIPON, [. (1999). Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON). *General aspects of Quality of Service (QoS)*. Retrieved from DTR/TIPHON-05006.
- [5] Towidjojo, R. (2016). Mikrotik Kungfu: kitab 3. *Jasakom*.
- [6] Kurnia, D. (2017). Analisis QoS Pada Pembagian Bandwidth Dengan Metode Layer 7 Protocol, PCQ, HTB Dan Hotspot Di SMK Swasta Al-Washliyah Pasar Senen. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 2(2), 102-111.