

Analisis Perbandingan Penggunaan Bandwidth Aplikasi Conferensi Online Pada Webex, Google Meet dan Zoom

Riko Gusjakal Muran¹, Yuan Lukito², Nugroho Agus Haryono³

Informatika, Universitas Kristen Duta Wacana

riko.gusjakal@ti.ukdw.ac.id

yuan@staff.ukdw.ac.id

nugroho@staff.ukdw.ac.id

Abstract— During this pandemic, conference calls or often called concall became a tool that was often used due to government regulations regarding the new COVID-19. Due to these regulations the concall application is commonly used by all agencies. Because of this, new users of concall applications have increased and many of these new users still do not understand which applications are suitable for the network in their area. Therefore, researchers made research to provide information about QoS (Quality Of Service) from several applications, namely Google Meet, Webex, and Zoom. In this study, researchers conducted research with 20 PC clients who were given network boundaries of 0%, 25%, 50%, and 75% using the Queue Tree and PCQ methods. In the study, there were 3 stages in the process, namely preparation, data collection, and data processing. The variables used by researchers are Delay, Jitter, Packet Loss, and Throughput. These variables are retrieved using the Wireshark application on the client pc. In this study, researchers used the Queue Tree and PCQ methods to provide dynamic limits to the user and to be able to limit accordingly for each application hierarchically. In this study, it is known that some applications have a very significant decrease in performance when the confined network reaches 50% or more of the total network obtained by the researcher when conducting the research. Thus the researchers hope that with this study readers can get information about which applications are good for use in their respective areas which have different speeds.

Intisari— Pada masa pandemi ini conference call atau sering juga disebut concall menjadi sarana yang sering digunakan karena adanya peraturan pemerintah soal COVID-19 yang baru. Dikarenakan peraturan tersebut aplikasi concall menjadi hal yang biasa digunakan oleh semua instansi. Dikarena hal tersebut maka pengguna baru aplikasi-aplikasi concall menjadi melonjak dan banyak dari pengguna baru tersebut yang masih belum mengerti aplikasi mana yang cocok dengan jaringan di daerahnya. Oleh sebab itu, peneliti membuat penelitian untuk memberikan informasi tentang QoS (Quality Of Service) dari beberapa aplikasi yakni Google Meet, Webex, dan Zoom. Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitian dengan client sebanyak 20 PC yang diberikan batasan jaringan sebanyak 0%, 25%, 50%, dan 75% menggunakan metode Queue Tree dan PCQ. Pada penelitian terdapat 3 tahapan dalam pengerjaannya yakni

persiapan, pengumpulan data, dan pengolahan data. variabel yang digunakan oleh peneliti adalah Delay, Jitter, Packet Loss, dan Throughput. Variabel-variabel tersebut diambil menggunakan aplikasi Wireshark yang ada pada pc client. Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode Queue Tree dan PCQ untuk memberikan limit yang dinamis kepada user dan agar dapat melakukan limit sesuai dari setiap aplikasi secara hierarchy. Pada penelitian tersebut diketahui bahwa beberapa aplikasi memiliki penurunan performa yang sangat signifikan saat jaringan yang dilimit mencapai 50% atau lebih dari total jaringan yang didapat oleh peneliti saat melakukan penelitian. Dengan demikian peneliti berharap dengan penelitian ini pembaca dapat mendapatkan informasi tentang aplikasi mana yang bagus digunakan di daerah mereka masing-masing yang memiliki kecepatan berbeda-beda.

I. PENDAHULUAN

Pada masa pandemik saat ini concall (conference call) menjadi hal yang sangat dibutuhkan di banyak bidang khususnya pada bidang pendidikan. Dikarenakan adanya pandemik, pemerintah Indonesia membuat peraturan baru yang dimana instansi pendidikan disarankan untuk tidak melakukan pembelajaran secara tatap muka karena dapat membuat penyebaran virus covid-19 menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu instansi pendidikan menggunakan metode belajar dari rumah, dimana pengajar dan siswa melakukan pembelajaran secara online menggunakan aplikasi conference call. Aplikasi untuk melakukan conference call sendiri ada banyak sekali seperti Zoom, Google meet, Webex dll. Menurut dari data yang terdapat pada jurnal yang ditulis oleh [1] penggunaan aplikasi conference call mengalami kenaikan yang sangat pesat daripada tahun lalu. Berdasarkan data tersebut terdapat banyak orang baru yang menggunakan aplikasi-aplikasi seperti Google Meet, Webex, Zoom dan lainnya. Karena banyaknya orang baru maka tidak sedikit dari orang-orang tersebut yang masih belum mengerti aplikasi mana yang cocok untuk dipakai di jaringan mereka yang bervariasi, oleh sebab itu penulis

melakukan penelitian dengan QoS agar nantinya bisa memberikan informasi aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan orang-orang sesuai dengan jaringan yang tersedia di tempat mereka.

Banyaknya aplikasi conference call membuat aplikasi- aplikasi tersebut memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan dari setiap aplikasi conference call. Saat pengguna ingin memilih aplikasi mana yang sesuai, maka pengguna harus memperhatikan beberapa hal salah satunya adalah kekuatan dari jaringan atau sinyal dari masing- masing pengguna. Video Conference adalah salah satu fitur utama dari conference call yang sering digunakan oleh para pengguna. Menurut [1] video conference adalah sarana komunikasi yang dimana memperbolehkan pengguna aplikasi untuk berkomunikasi dengan seluruh orang didunia hanya dengan menggunakan electronic device yang terkoneksi ke internet. Pada penelitian tersebut para peneliti melakukan QoS dan QoE pada beberapa aplikasi konferensi online dan pengujian dilakukan dengan tipe jaringan wireless(4G, 3G). Dari penelitian tersebut peneliti mendapatkan inspirasi untuk melakukan QoS serupa tetapi berbeda pada bagian jaringannya. Peneliti membuat skenario dimana jaringan pengguna dibatasi menjadi 4 jenis yakni tanpa batas, 25%, 50%, 75%.

Menurut [2] Queue Tree merupakan suatu bentuk konfigurasi manajemen bandwidth yang cukup kompleks karena dapat disesuaikan berdasarkan protokol nomor port atau dikelompokkan berdasarkan alamat IP. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Queue Tree yang digabungkan dengan PCQ agar dapat membatasi setiap pengguna secara dinamis dan dapat mengoptimalkan bandwidth internet yang terbatas seperti yang dilakukan pada penelitian [3] yang dimana mereka melakukan konfigurasi QoS dengan metode Queue Tree dan PCQ untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth pada jaringan mereka. Pada penelitian tersebut, para peneliti jurnal tersebut berhasil membuat jaringan mereka menjadi lebih optimal dibandingkan dengan jaringan sebelum menggunakan metode tersebut.

Dalam menggunakan Queue Tree peneliti juga menggunakan mangle untuk membantu Queue tree dalam membatasi aplikasi yang diteliti oleh peneliti dengan cara membatasi port tcp dan udp yang digunakan oleh aplikasi- aplikasi tersebut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [4] dapat dilihat bahwa dengan menggunakan mangle peneliti jurnal tersebut berhasil menggunakan aplikasi Zoom dengan tidak terganggu oleh banyaknya trafik penggunaan bandwidth pada jaringan internet yang digunakan. Selain mangle, queue tree juga memerlukan adanya PCQ yang dimana PCQ berperan untuk melakukan pembagian bandwidth secara merata kepada seluruh

aplikasi yang terkoneksi dengan mikrotik. Pada penelitian yang dilakukan oleh [3] diketahui bahwa dengan menggunakan Queue tree dan PCQ peneliti jurnal dapat mengoptimalkan penggunaan bandwidth internet kesetiap pengguna secara dinamis.

II. LANDASAN TEORI

Pada masa sekarang ini conference call sudah menjadi hal yang sangat dibutuhkan di berbagai bidang terutama di bidang pendidikan. Conference call menjadi aplikasi yang sangat dibutuhkan dikarenakan peraturan yang membatasi instansi pendidikan untuk melakukan pembelajaran secara tatap muka karena dapat menyebabkan penularan virus Covid-19 semakin meluas. Aplikasi conference call sendiri ada banyak sekali yang tersedia di internet, tetapi pada penelitian ini peneliti hanya membahas tentang google meet, zoom dan webex.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [5], pada jurnal tersebut peneliti jurnal tersebut melakukan QoS dan QoE pada beberapa aplikasi yakni Adobe Connect, Cisco Webex, and Skype dengan menggunakan perangkat smartphone dan pc yang di koneksikan dengan wifi atau 3G/4G untuk mencari bandwidth, packet per second, dan delay yang terjadi pada aplikasi dengan menggunakan Wireshark dan juga tcpdump. Tujuan penelitian pada jurnal tersebut adalah agar dapat memberikan informasi bahwa dengan menggunakan skema QoE E2E dapat memberikan penurunan latency secara signifikan. Penelitian tersebut mencapai kesimpulan bahwa ketika sumber data yang digunakan oleh device terbatas algoritma yang digunakan oleh prototipe yang dibuat oleh penulis artikel dapat beradaptasi dan mengurangi konsumsi bandwidth.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [6], pada jurnal tersebut membahas tentang penggunaan Queue Tree dan PCQ pada jaringan agar dapat mengoptimalkan bandwidth pada jaringan tersebut. Pada penelitian tersebut peneliti jurnal melakukan perbandingan jaringan tanpa Queue Tree dan PCQ dengan jaringan yang menggunakan Queue Tree dan PCQ dengan menggunakan variabel perbandingan yakni throughput, delay, dan jitter. Tujuan penelitian tersebut yakni untuk memberikan informasi tentang kelebihan dari Queue Tree dan PCQ yang dimana dengan menggunakan metode tersebut dapat mengurangi delay dan jitter serta meningkatkan throughput pada jaringan karena dengan metode PCQ mikrotik dapat membagi jaringan secara dinamis kepada setiap user yang ada.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [1], membahas tentang perkembangan penggunaan aplikasi meeting yang semakin banyak digunakan serta membandingkan setiap aplikasi tersebut berdasarkan pada security dan kemampuan setiap aplikasi. Tujuan dari penelitian tersebut yakni untuk memberikan informasi perbandingan tentang security dari setiap aplikasi yang diuji. Peneliti jurnal tersebut

menyimpulkan bahwa setiap aplikasi memiliki kekurangan masing-masing, terutama pada bagian security dari setiap aplikasi.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [7], membahas tentang penerapan QoS ke aplikasi video conferencing yakni hangouts. Pada penelitian tersebut peneliti artikel mengambil beberapa variabel QoS yakni Delay, Throughput, Packet Loss, dan jitter menggunakan aplikasi Wireshark dengan menggunakan 3 tipe jaringan dari 4 provider berbeda. Tujuan dari penelitian tersebut adalah memberikan informasi tentang perbedaan kualitas dari video conference pada aplikasi hangout berdasarkan dari variabel QoS yang sudah ditentukan oleh peneliti jurnal tersebut. Dari hasil analisis yang dilakukan peneliti jurnal diketahui bahwa jaringan 4G LTE dengan menggunakan Codec H.264 dengan menggunakan codec H.264 pada jaringan LTE.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [8], membahas tentang penelitian menggunakan QoE pada aplikasi zoom dan googleteams dengan menggunakan variabel frame per second (fps), latency, dan packet loss. Tujuan dari penelitian tersebut adalah membandingkan kedua aplikasi berdasarkan dari variabel latency dan packet loss yang diambil menggunakan wireshark dan beban jaringan diberikan menggunakan clumsy. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa Zoom memiliki peringkat rata-rata yang lebih tinggi secara statistik daripada Teams. Di level tinggi peluang packet drop, peringkat rata-rata Zoom setidaknya 1 poin lebih tinggi dari rata-rata peringkat Teams. Di tingkat yang lebih rendah packet drop, peringkat rata-rata Zoom sekitar setengah poin lebih tinggi dari Teams.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [9], membahas tentang penggunaan kuota internet dari setiap pengguna di daerah yang tersebar di Indonesia. Pada penelitian tersebut peneliti mengambil variabel berupa Usage, Duration dan Speed menggunakan Ookla. Tujuan penelitian tersebut adalah agar dapat memberikan informasi kepada pembaca tentang rata-rata penggunaan kuota data saat melakukan Studi dari rumah. Dari artikel tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan rata-rata kuota hanya 3,11% dari rata-rata koneksi internet yang dimiliki pengguna.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [10], membahas tentang penelitian dengan menggunakan QoS dengan metode HTB (Hierarchical Token Bucket), PCQ, Layer 7 protocol dan hotspot yang dikonfigurasi pada mikrotik yang menjadi router pada pengujian yang dilakukan oleh peneliti artikel tersebut. Pada penelitian tersebut peneliti jurnal menggunakan variabel throughput, jitter, delay, dan packet loss yang diambil menggunakan wireshark untuk membandingkan kinerja dari ke 4 metode yang digunakan oleh peneliti jurnal

tersebut. Dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa performa management bandwidth dengan menggunakan metode HTB lebih baik dari pada metode yang lain.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [11], membahas tentang perbandingan menggunakan metode simple queue dan queue tree pada jaringan SMK Swasta Muhammadiyah Bawang dengan menggunakan beberapa variabel perbandingan yakni delay, jitter, packet loss. Dalam penelitian pada artikel tersebut peneliti artikel menggunakan aplikasi Internet Download Manager untuk mengetahui kecepatan download dari jaringan yang terkonfigurasi dengan Simple Queue atau Queue Tree. Tujuan dari penelitian tersebut adalah membandingkan manakah metode yang paling bagus digunakan di SMK Muhammadiyah Bawang. Hasil analisis pada jurnal tersebut adalah metode Queue Tree lebih baik dalam menggunakan total bandwidth dibandingkan dengan metode simple Queue.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [3], membahas tentang penggunaan metode PCQ dan Queue Tree untuk membagi jaringan secara otomatis dan melakukan QoS menggunakan metode tersebut. Pada jurnal tersebut peneliti jurnal menggunakan 4 variabel untuk pengujian yakni jitter, PING, throughput, dan packet loss. Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengoptimalkan bandwidth internet yang terbatas agar dapat diakses oleh seluruh user LAN dan otomatisasi queue perangkat yang terhubung ke jaringan. Hasil dari penelitian tersebut yakni penggunaan bandwidth dengan metode queue tree dan pcq lebih bagus dibandingkan dengan penggunaan bandwidth sebelum menggunakan metode tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh [4], membahas tentang penggunaan mikrotik untuk manajemen bandwidth yang digunakan oleh aplikasi zoom. Tujuan dari penelitian pada jurnal tersebut adalah untuk dapat manajemen bandwidth, mengurangi terjadinya antrian pada jaringan dan memberikan prioritas paket data yang penting yakni kepada aplikasi video conference. Hasil dari penelitian tersebut yakni implementasi bandwidth menggunakan queue tree dengan terlebih dahulu melakukan konfigurasi ip firewall mangle untuk menandai paket yang akan dilakukan manajemen bandwidth nya dapat digunakan untuk menjaga agar koneksi video conference menggunakan aplikasi zoom tidak terganggu dengan banyaknya trafik penggunaan bandwidth pada jaringan internet yang digunakan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dibagi menjadi beberapa tahap yakni:

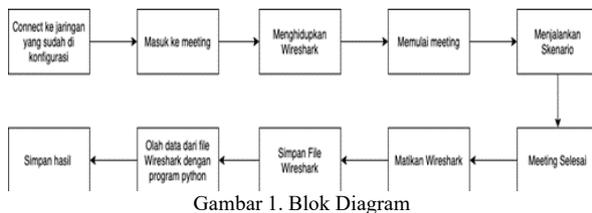
A. Persiapan

Pada tahap awal, dilakukan pengumpulan informasi berupa kecepatan internet yang diberikan kepada lab a dan berapa alat (*headset* dan *facecam*) yang tersedia pada lab tersebut. Pada tahap ini peneliti juga melakukan instalasi aplikasi-aplikasi yang akan diuji pada komputer *client* dan melakukan konfigurasi mikrotik router berupa pembuatan dhcp server, mangle, queue tree, dan dhcp client.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara menggunakan aplikasi Wireshark yang dihidupkan saat menjalankan skenario yang sudah disiapkan oleh peneliti. Saat client yang sudah terkoneksi internet melalui mikrotik milik peneliti yang sudah di konfigurasi mangle nya terlebih dahulu agar dapat melimit setiap paket yang digunakan aplikasi meeting yang menggunakan port tertentu. Setiap aplikasi meeting menggunakan port yang berbeda satu samalain yang dimana port tersebut terbagi menjadi 2 tipe yakni port tcp dan port udp.

Adapun data-data yang perlu diambil oleh peneliti yakni data *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Data tersebut bisa didapatkan melalui data yang sudah terekam oleh aplikasi Wireshark. Selain data-data tersebut peneliti juga mengambil data delay suara dan video yang dialami secara langsung dan mencari rata-rata dari data tersebut dalam 1 skenario. Adapun alur kerja Sistem pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



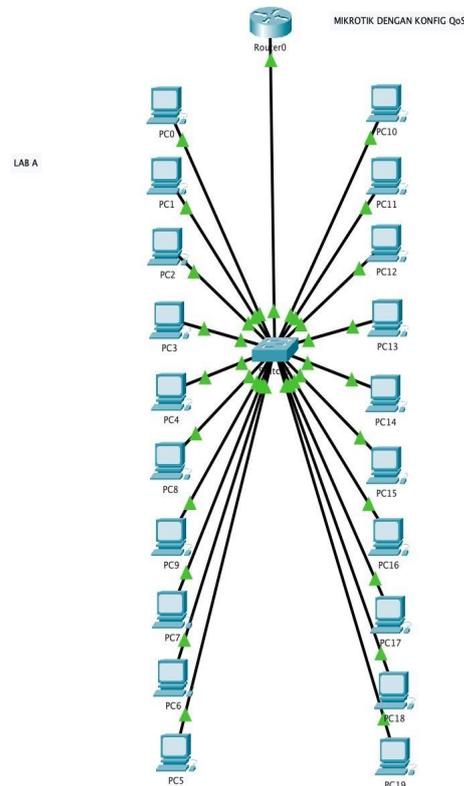
Gambar 1. Blok Diagram

Alur block diagram:

1. Peneliti melakukan request untuk mengikuti meet menggunakan laptop yang terkoneksi hotspot.
2. Peneliti mengkoneksikan peserta ke Mikrotik yang sudah terkonfigurasi.
3. Peneliti menghidupkan Wireshark di PC peserta dan laptop host.
4. Saat meeting berlangsung Wireshark akan menangkap semua paket jaringan yang diterima ataupun dikirim oleh PC ke jaringan yang sudah peneliti konfigurasi bandwidth management nya sesuai dengan skenario yang sudah dibuat oleh peneliti.

5. Peneliti melakukan screenshot setiap hasil tabel Queue Tree setiap selesai melakukan meeting.
6. Peneliti akan melihat penggunaan bandwidth menggunakan wireshark dan Queue Tree.
7. Peneliti akan menganalisa setiap data menggunakan program python yang dibuat oleh penulis dan data tersebut akan di bandingkan mana yang terbaik dan semua hasil analisa akan disimpan.

Adapun skema penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Topologi Di Lab A Ukdw

Dari Skema pada Gambar 2, penulis akan melakukan penelitian dengan 20 komputer yang nantinya akan konek melalui switch ke mikrotik yang sudah penulis siapkan, dan nantinya komputer akan konek meeting dengan bandwidth yang sudah di limit oleh penulis dengan konfigurasi Queue Tree dan mangle. Pada setiap komputer lab telah terinstall aplikasi wireshark untuk mendapatkan data packet loss, jitter, dan delay dan juga komputer lab sudah terinstall aplikasi meeting yakni Webex, Zoom, dan Google Meet. Adapun skenario pengambilan datanya yakni dengan menguji setiap aplikasi sebanyak 4 kali dengan limit yakni:

- a. 0% (sangat bagus), pada skenario ini user

- tidak akan diberi batasan.
- 25% (bagus), pada skenario ini kecepatan internet user akan diberikan limit sebanyak 25% dari kecepatan yang ada pada lab tempat pengujian.
 - 50% (sedang), pada skenario ini kecepatan internet user akan diberikan limit sebanyak 50% dari kecepatan yang ada pada lab tempat pengujian.
 - 75% (buruk), pada skenario ini kecepatan internet user akan diberikan limit sebanyak 75% dari kecepatan yang ada pada lab tempat pengujian.

Untuk setiap skenario terdapat sebanyak 3x pengujian dan dalam pengujian tersebut terdapat 4 kali percobaan. Skema dari skenarionya adalah sebagai berikut:

- Mengambil data dari 20 user dimana setiap 5 menit 5 user akan membuka mic.
- Mengambil data dari 20 user dimana setiap 5 menit 5 user akan membuka facecam.
- Mengambil data dari 20 user dimana setiap 5 menit akan membuka facecam dan mic.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan cara mengambil data Wireshark dengan memfilter data berdasarkan port-port yang digunakan oleh aplikasi meeting karena yang peneliti inginkan hanyalah data yang memang dipakai oleh aplikasi yang diuji. Data hasil filter tersebut akan di ekspor menjadi bentuk csv untuk diolah oleh peneliti menggunakan program yang sudah dibuat oleh peneliti dengan bahasa pemrograman python. Pada program tersebut peneliti sudah memasukan semua rumus perhitungan untuk mendapatkan nilai *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss*. Adapun pengertian dan rumus untuk mencari variabel tersebut yakni:

a. Delay

Delay adalah lamanya waktu yang dibutuhkan oleh data untuk sampai ke tujuan dari data tersebut dikirim.

TABEL 1.
Kategori Delay

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

Rumus perhitungan *delay*:

$$Delay = \frac{Total\ Delay}{Total\ Packet\ yang\ diterima} \quad (1)$$

1) Jitter

Jitter atau variasi *delay*, adalah variasi dari *delay n* dengan *delay n-1*. Untuk mencari *jitter* diperlukan untuk menghitung variasi *delay* terlebih dahulu.

Rumus perhitungan variasi *delay*

$$\begin{aligned} \text{variasi delay} &= (delay\ 2 - delay\ 1) \quad (2) \\ &+ (delay\ 3 - delay\ 2) \\ &+ \dots + \\ &(delay\ n - delay\ n - 1) \end{aligned}$$

TABEL II
Kategori Jitter

Kategori Degradasi	Peak Jitter	Indeks
Sangat Bagus	0	4
Bagus	0 s/d 75	3
Sedang	75 s/d 125	2
Buruk	125 s/d 255	1

Rumus perhitungan *jitter*

$$jitter = \frac{Variasi\ delay}{Total\ paket\ yang\ diterima - 1} \quad (3)$$

2) Throughput

Throughput adalah kecepatan (rate) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (bit per second). Throughput merupakan jumlah paket yang sukses diterima pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.

Rumus perhitungan throughput

$$Throughput = \frac{Paket\ Data\ yang\ Diterima}{Lama\ Pengamatan} \quad (4)$$

3) Packet loss

Packet loss adalah suatu parameter yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang karena terjadi *collision* dan *congestion* pada jaringan.

TABEL III.
Kategori Packet Loss

Nilai	Persentase	Indeks
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Memuaskan
3 – 3,79	75 – 95,75	Memuaskan
2 – 2,99	50 – 74,75	Kurang Memuaskan
1 – 1,99	25 – 49,75	Buruk

Rumus Perhitungan Packet Loss

$$packet\ loss = \frac{paket\ dikirim - paket\ diterima}{2 \times paket\ dikirim} \times 100\% \quad (5)$$

IV. ALAT DAN BAHAN

A. Google Meet

Google Meet adalah *video-communication service* yang dikeluarkan oleh google. *Google meet* sendiri adalah platform *video conference* yang paling umum digunakan oleh orang-orang baik itu di instansi pendidikan maupun instansi bisnis. *Google meet* memiliki beberapa fitur dan keunggulan yakni:

- a. Kapasitas peserta
Google meet memiliki kapasitas menampung peserta meeting yang lumayan besar yakni maksimal 250 orang. Kemudahan penggunaan pada sistem.
- b. Kemudahan penggunaan pada sistem
Google meet sangat mudah diakses banjurik melalui desktop, android maupun IOS.
- c. Integrasi google calendar
Google meet dapat diintegrasikan dengan google kalender dimana hal tersebut sangat membantu sebagai pengingat dan juga mempermudah kita untuk join pada room yang sudah di tentukan di tanggal tersebut.
- d. Keamanan data pengguna
Google meet sangat menjaga keamanan data pengguna nya dimana dia

tidak akan menjual data-datadari user nya. Selain memiliki keunggulan Google Meet juga memiliki kekurangan yakni kualitas video meet yang terkesan tidak bagus jika harus melihat huruf- huruf kecil.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan mangle untuk melakukan limitasi kepada aplikasi Google meet dengan cara memlimitasi port tcp dan udp pada aplikasi tersebut.

TABEL IV
Port Google Meet

TCP	UDP
443	443
	19302 - 19309

B. Webex

Cisco Webex adalah sebuah perusahaan di Amerika serikat yang mendvelop dan menjual aplikasi web conferencing dan videoconferencing. Cisco Webex sendiri mengeluarkan aplikasi yang memiliki nama Webex yang dimana dia merupakan suatu aplikasi conferencing yang sangat bagus dan dapat digunakan oleh banyak orang sekaligus. Webex sendiri memiliki banyak fitur dan kelebihan yakni:

1) Kualitas Video HD

Webex memberikan pengguna mereka kualitas video yang sangat baik dimana ini sangat cocok untuk pembelajaran online yang memerlukan kualitas video HD agar dapat melihat semua materi dengan detail.

2) Mobile Friendly

Webex memberikan kemudahan bagi para pengguna barunya terutama para pengguna mobile apps nya karna fitur pada webex tidak lah susah untuk di gunakan karnatampilannya yang sangat jelas dalam mengartikan fungsi fitur-fiturnya.

3) Fitur Google Assistant

Webex memiliki fitur google assistant yang sangat membantu user dimana dia bisa membantu mencari sesuatu hanya dengan mengaktifkan fiturnya dan berbicara langsung pada google assistantnya.

Selain keunggulan cisco Webex juga memiliki kelemahan yakni diperlukannya bandwidth jaringan yang besar guna memaksimalkan kinerjanya. Jika jaringan yang dimiliki pengguna tidak bagus dan tidak stabil maka kemungkinan untuk keluar ruang meet secara otomatis oleh

sistem dapat terjadi.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan mangle untuk melkukan limitasi kepada aplikasi Webex dengan cara melimitasi port tcp dan udp yang digunakan oleh aplikasi tersebut.

TABEL V
Port Webex

TCP	UDP
80	53
443	9000
53	
5004	

C. Zoom

Zoom [12] adalah teknologi yang berasal dari Amerika yang dimana perusahaan nya berpusat di San Jose, California. Zoom menyediakan telpon video dan layanan chat melalui platform perangkat lunak peer-to-peer berbasis cloud dan digunakan untuk telekonferensi, telecommuting, pendidikan jarak jauh, dan hubungan sosial. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan mangle untuk melakukan limitasi kepada aplikasi Zoom dengan cara melimitasi port yang digunakan oleh aplikasi tersebut.

TABEL VI
Port Zoom

TCP	UDP
80	3478
443	3479
8801	8801-8810
8802	

D. Wireshark

Wireshark adalah penganalisis protokol jaringan yang terkemuka dan banyak digunakan di dunia. Wireshark memungkinkan Anda melihat apa yang terjadi di jaringan *client* pada tingkat mikroskopis dan merupakan standar de facto (dan sering kali secara de jure) di banyak perusahaan komersial dan nirlaba, lembaga pemerintah, dan lembaga pendidikan. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan wireshark untuk menangkap setiap paket yang digunakan oleh aplikasi yang diuji sesuai dengan Skenario yang sudah dibuat oleh peneliti. Adapun peneliti mengambil data *delay*, *jitter*, *throughput* dan *packet loss* dari aplikasi yang diuji menggunakan wireshark dengan cara mengambil *loss segment* dan data csv dari paket yang difilter sesuai dengan port yang digunakan oleh setiap aplikasi yang diuji.

E. Pandas

Menurut [12] Pandas adalah sebuah library berlisensi BSD dan open source yang menyediakan struktur data dan analisis data yang mudah digunakan dan berkinerja tinggi untuk bahasa pemrograman Python.

F. Mikrotik

Menurut [13] MikroTik adalah sistem operasi komputer dan perangkat lunak komputer yang biasa digunakan untuk membuat komputer menjadi router. MikroTik dibagi menjadi dua, MikroTik RouterOS dan RouterBoard. MikroTik RouterBoard tidak membutuhkan komputer untuk menjalankannya cukup untuk menggunakan board yang sudah menyertakan MikroTik RouterOS. Ini termasuk fitur yang khusus dibuat untuk jaringan IP dan nirkabel jaringan.

V. ANALISIS DAN HASIL

A. Hasil Pengujian Google Meet

Selama proses pengujian berlangsung, peneliti mengambil beberapa data bandwidth dan juga data delay yang terjadi pada Google Meet. Adapun data bandwidth yang di ambil oleh peneliti yakni delay, throughput, jitter, dan packet loss. Pada Aplikasi Google Meet sendiri menggunakan kuota sebanyak 1514,2 MiB yang dimana jika dikonversikan ke dalam Mega Byte maka akan bernilai 1587.544 MB dari total 20 client yang dimana meeting dilakukan selama 20 menit lamanya. Data tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.

Name	Parent	Packet Mark	Limit # (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Quered Bytes	Bytes	Packets	↑
ShiroParent	global				3.9 Mbps	0 B	1514.2 MB	7782154	
GoogleMeetParent	ShiroParent				3.9 Mbps	0 B	1514.2 MB	7782154	
GoogleMeetUpload	GoogleMeetParent	Google Meet...			1938.9 kbps	0 B	901.2 MB	4261471	
GoogleMeetDownload	GoogleMeetParent	Google Meet...			1961.9 kbps	0 B	522.9 MB	3394490	
GoogleMeetUploadTCP	GoogleMeetParent	Google Meet...			28.5 kbps	0 B	85.9 MB	72393	
GoogleMeetDownloadTCP	GoogleMeetParent	Google Meet...			6.8 kbps	0 B	4791.4 MB	62995	
WebexParent	ShiroParent				0 bps	0 B	0 B	0	
WebexDownloadTop	WebexParent	webex downl...			0 bps	0 B	0 B	0	
WebexUpload	WebexParent	webex upload			0 bps	0 B	0 B	0	
WebexUploadTop	WebexParent	webex upla...			0 bps	0 B	0 B	0	
WebexDown	WebexParent	webex downl...			0 bps	0 B	0 B	0	
ZoomParent	ShiroParent				0 bps	0 B	0 B	0	
ZoomDownload	ZoomParent	zoom-down			0 bps	0 B	0 B	0	
ZoomDownloadTop	ZoomParent	zoom-down...			0 bps	0 B	0 B	0	
ZoomUpload	ZoomParent	zoom upl...			0 bps	0 B	0 B	0	
ZoomUploadTop	ZoomParent	zoom upl...			0 bps	0 B	0 B	0	

Gambar 3. Penggunaan Data Google Meet

Adapun konsumsi kuota dari Google Meet lebih sedikit dibandingkan dengan 2 aplikasi lainnya dan dari sisi delay saat menggunakan mic, Google meet lebih bagus dibandingkan dari Webex dan zoom saat aplikasi tidak diberikan limit, namun jika Google Meet diberikan limit 75% suara mikrofon dari Google Meet akan menjadi seperti suara robot dan tidak jelas. Berbeda dengan zoom yang dimana suara

mikrofon nya tidak seperti robot tetapi hanya mengalami delay.

B. Hasil Pengujian Webex

Selama proses pengujian berlangsung, peneliti mendapati bahwa Webex memiliki fitur yang lebih bagus dari pada 2 aplikasi lainnya, yakni Webex memiliki semacam fitur yang dimana akan meredam suara feedback dari aplikasinya sendiri. Untuk konsumsi data nya Webex menggunakan lumayan banyak kuota yakni sekitar 3139MiB yang dimana jika jumlah data tersebut dikonversi ke Mega Byte maka akan berjumlah 4129,08MB yang ada pada tabel per 20 client nyaselama 20 menit data tersebut diambil dari tabel Queue Tree seperti pada Gambar 4. Penggunaan kuota tersebut lebih besar dari pada kuota yang digunakan oleh Google Meet dan pada Webex sendiri lebih sering terjadi low bandwidth saat diberikan limit oleh peneliti.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets
ShipsParent	global				53.2 kbps	0 B	4101.7 MB	13 107 574
WebexParent	ShipsParent				0 bps	0 B	2807.0 MB	12 761 485
WebexDown	WebexParent	webex downl...			0 bps	0 B	2262.0 MB	6 475 071
WebexUpload	WebexParent	webex uplod...			0 bps	0 B	1584.9 MB	6 206 414
WebexDownloadTop	WebexParent	webex downl...			0 bps	0 B	0 B	0
WebexUploadTop	WebexParent	webex uplod...			0 bps	0 B	0 B	0

Gambar 4. Penggunaan Data Webex

C. Hasil Pengujian Zoom

Selama proses pengujian berlangsung, peneliti mendapati bahwa Zoom adalah aplikasi meet yang stabil dalam semua limit jaringan saat hanya menghidupkan mic. Untuk videonya sendiri zoom mempunyai video dengan delay yang lebih sedikit daripada delay pada video yang dialami oleh webex dan google meet. Untuk konsumsi kuota sendiri zoom mengkonsumsi kuota lebih banyak daripada aplikasi Google Meet dan Webex yakni 4180.1MiB yang dikonversikan menjadi Mega Byte menjadi 4638.9 MB per 20 user dalam 20 menit seperti yang terlihat pada Gambar 5.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queued Bytes	Bytes	Packets
ShipsParent	global				24.7 Mbps	0 B	4424.5 MB	10 967 491
ZoomParent	ShipsParent				24.4 Mbps	0 B	4100.1 MB	10 344 347
ZoomDownload	ZoomParent	zoom-down			10.0 Mbps	49.1 KB	3410.9 MB	6 970 457
ZoomUpload	ZoomParent	zoom upload			5.6 Mbps	0 B	769.2 MB	3 370 970
ZoomDownloadTop	ZoomParent	zoom down top			0 bps	0 B	0 B	0
ZoomUploadTop	ZoomParent	zoom upload top			0 bps	0 B	0 B	0
GoogleMeetParent	ZoomParent				200.0 Mbps	0 B	244.0 MB	670 114

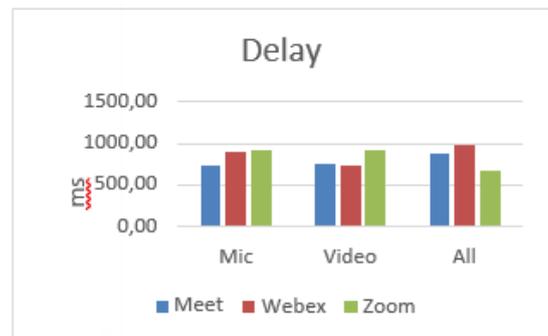
Gambar 5. Penggunaan Data Zoom

D. Hasil Perbandingan Bandwidth aplikasi

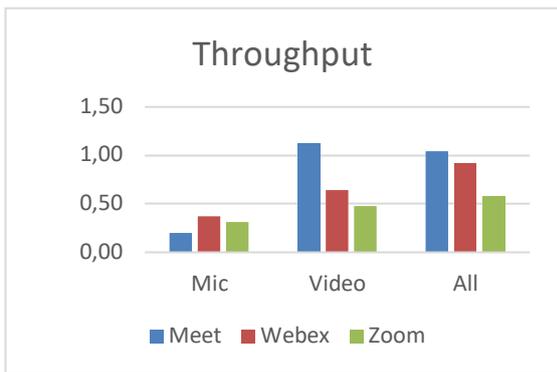
Selama proses penelitian, peneliti mengambil data dari setiap skenario dengan menggunakan wireshark yang dimana nantinya dari data wireshark tersebut akan diambil data delay, jitter, throughput, dan packet loss. Data wireshark yang peneliti kumpulkan sendiri

berjumlah 864 file wireshark yang dimana file wireshark tersebut peneliti mengambil data-data yang diperlukan menggunakan program yang sudah dibuat menggunakan bahasa pemrograman python. Peneliti membuat program tersebut karena data yang akan diolah tersebut terlalu besar untuk diolah menggunakan laptop dengan ram 8Gb. Data yang dikumpulkan tersebut diolah dan dicari rata-rata dari satu skenario aplikasi tersebut.

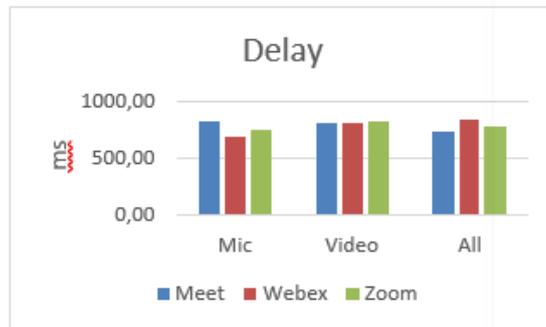
Dalam penelitian, peneliti juga memberikan beberapa limit yakni 0%, 25%, 50%, dan 75% menggunakan PCQ, Mangle, dan Queue Tree pada mikrotik router. Pada skenario pertama peneliti melakukan penelitian pada aplikasi dengan jaringan yang tidak diberikan limit. Pada Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa google meet memiliki rata-rata delay yang lebih rendah dibanding kedua aplikasi lainnya. Tetapi dalam hal jitter aplikasi webex lebih bagus daripada aplikasi Google meet seperti yang terlihat pada Gambar 9. Dalam hal packet loss dan throughput google meet lebih baik ketimbang aplikasi webex dan juga zoom, jadi dapat disimpulkan aplikasi terbaik secara berturut-turut saat melakukan penelitian dengan skenario tanpa limit adalah google meet, webex, dan zoom.



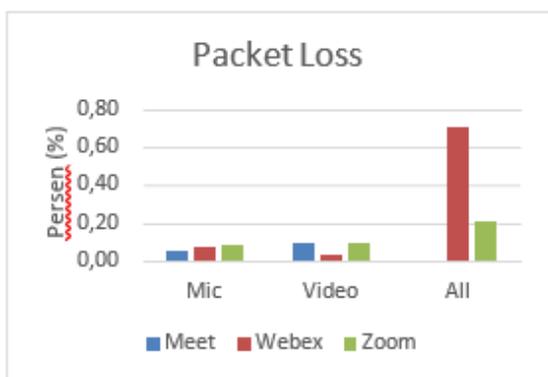
Gambar 6. Delay pada skenario tanpa limit



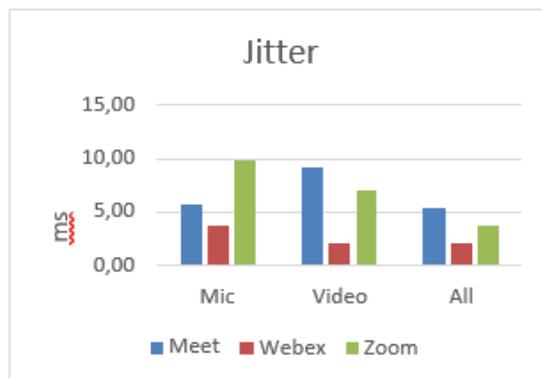
Gambar 7. Throughput pada skenario tanpa limit



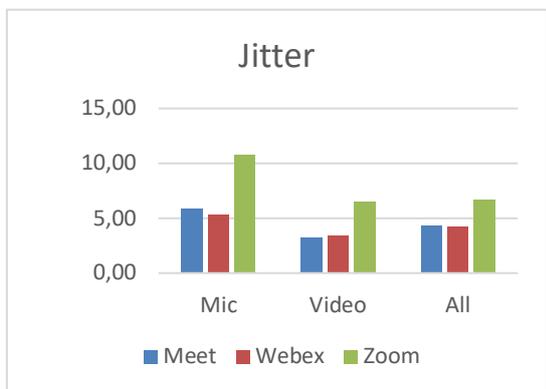
Gambar 10. Delay pada skenario limit 25%



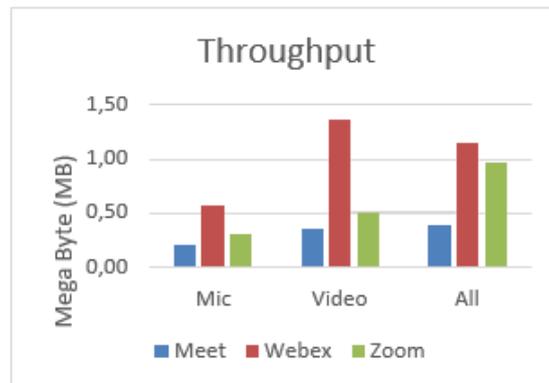
Gambar 8. Packet Loss pada skenario tanpa limit



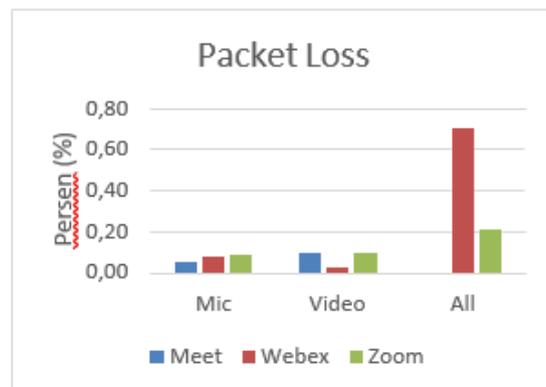
Gambar 11. Jitter pada skenario limit 25%



Gambar 9. Jitter pada skenario tanpa limit



Gambar 12. Throughput pada skenario limit 25%

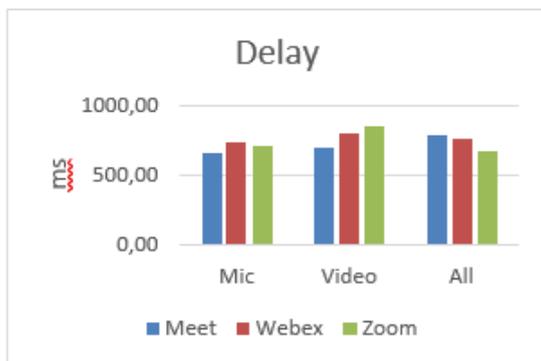


Gambar 13. Packet Loss pada skenario limit 25%

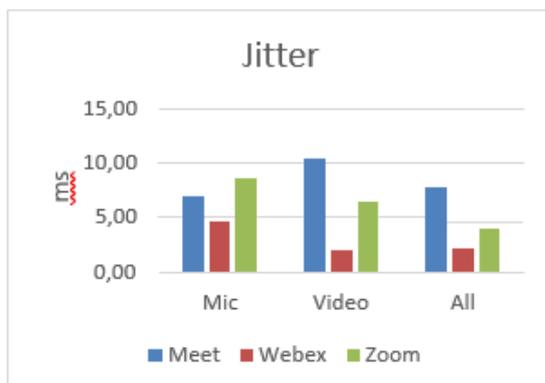
Pada skenario berikutnya peneliti melakukan limitasi jaringan sebanyak 25% dari total bandwidth jaringan yang tersedia pada jaringan tersebut. Pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa delay dari setiap aplikasi yang diuji sama-sama mengalami naik turun dengan delay terendah dimiliki oleh aplikasi webex. Dari delay, throughput, jitter dan packet loss pada Gambar 10, Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 dapat disimpulkan bahwa aplikasi terbaik secara berturut-turut pada skenario limit 25% adalah webex, google meet, zoom.

Pada skenario berikutnya peneliti melakukan limitasi jaringan sebanyak 50% dari total bandwidth jaringan yang tersedia pada jaringan tersebut. Pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa aplikasi Google meet memiliki delay yang lebih baik daripada aplikasi lainnya. Tetapi dari variabel jitter dan throughput pada Gambar 15 dan Gambar 16 aplikasi webex memiliki performa lebih bagus daripada aplikasi google meet dan zoom, tetapi pada bagian packet loss google meet memiliki packet loss paling sedikit daripada kedua aplikasi lainnya. Pada skenario limit 50% dapat disimpulkan bahwa performa dari setiap aplikasi memiliki keunggulan pada masing-masing variabel. Pada skenario limit 50% mulai terjadi bandwidth low pada aplikasi webex dan zoom yang menyebabkan tidak munculnya gambar pengguna di komputer lain saat membuka facecam. Karna terjadi bandwidth low penggunaan bandwidth jadi berkurang karena aplikasi tidak membuka facecam seperti pada skenario sebelumnya yang hampir semua pengguna dapat menggunakan facecam nya.

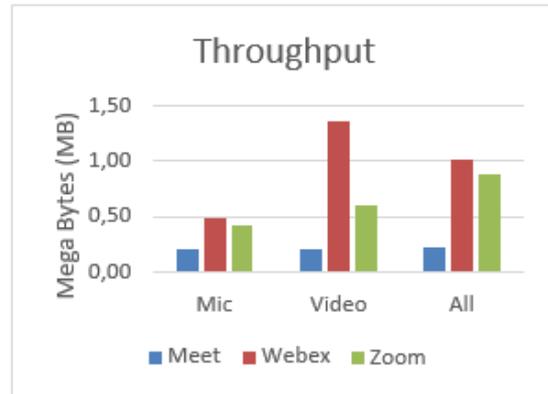
Pada skenario mic dengan limit 50% terjadi packet loss yang sangat besar daripada packet loss yang terjadi pada skenario video dikarenakan penggunaan bandwidth mic lebih sering mengalami loss segment dari pada video yang sejak awal sudah mengalami bandwidth low.



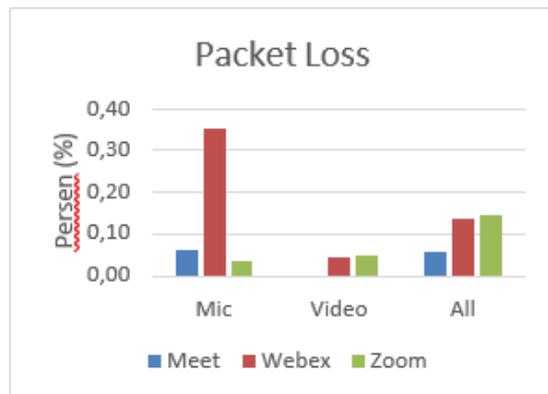
Gambar 14. Delay pada skenario limit 50%



Gambar 15. Jitter pada skenario limit 50%

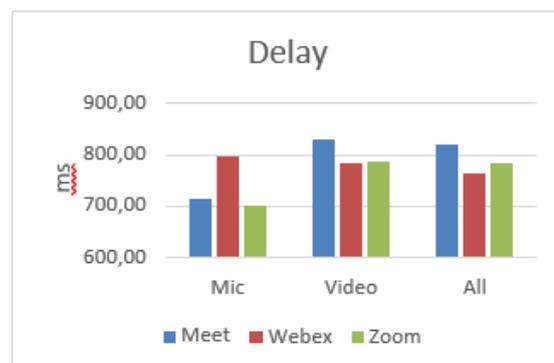


Gambar 16. Throughput pada skenario limit 50%

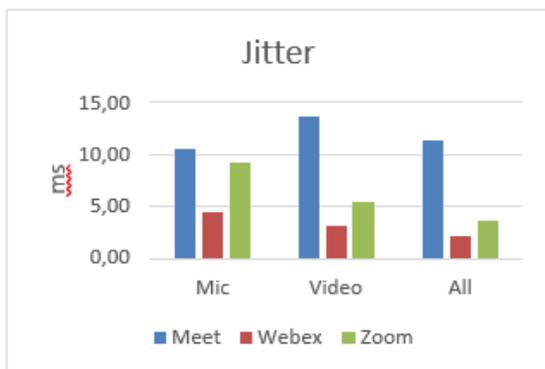


Gambar 17. Packet Loss pada skenario limit 50%

Pada skenario berikutnya peneliti melakukan limitasi jaringan sebanyak 75% dari total bandwidth jaringan yang tersedia pada jaringan tersebut. Dapat dilihat pada Gambar 18, aplikasi zoom memiliki delay yang lebih bagus dari pada kedua aplikasi lainnya. Berdasarkan dari data pada Gambar 19, Gambar 20, dan Gambar 21 diketahui bahwa aplikasi terbaik secara berturut-turut adalah zoom, webex, dan Google meet. Pada skenario limit 75% suara pengguna mengalami delay suara yang lebih lama daripada sebelumnya dan juga pada aplikasi google meet dan webex suara pengguna terdengar tidak terlalu jelas (suara terkadang hilang seperti terpotong).

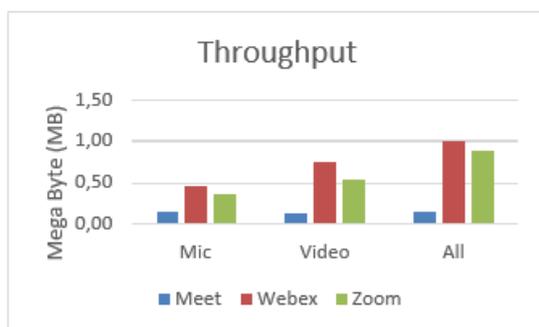


Gambar 18. Delay pada skenario limit 75%

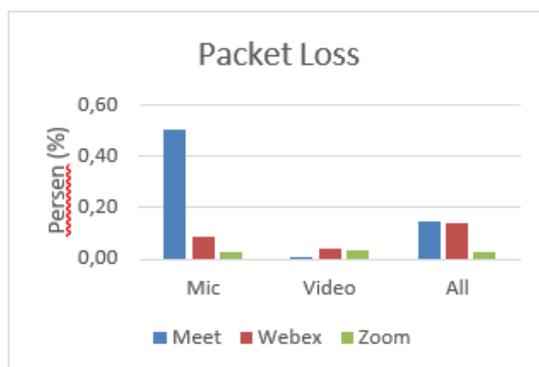


Gambar 19. Jitter pada skenario limit 75%

Pada skenario dengan limit 75%, terjadi delay suara yang sangat parah pada aplikasi Google Meet dan Webex. Gambar 21 dapat dilihat bahwa tingkat Packet Loss Google Meet terlihat sangat menonjol dibandingkan dengan packet loss pada aplikasi lainnya. Pada Google Meet saat pengujian berlangsung terjadi delay suara yang sangat lama dan suara dari pengguna sudah tidak jelas terdengar karna kata-kata yang dibicarakan oleh pengguna terpotong dan juga terjadi feedback yang sangat sering pada saat pengujian skenario tersebut.



Gambar 20. Throughput pada skenario limit 75%



Gambar 21. Packet Loss pada skenario 75%

Dari semua skenario diketahui bahwa jika jaringan yang dimiliki oleh pengguna sangat terbatas maka ada lebih baik untuk melakukan meeting menggunakan aplikasi zoom karena aplikasi zoom lebih bagus dari pada kedua aplikasi

lainnya saat jaringan sangat terbatas. Sedangkan jika pengguna memiliki kuota banyak dan ingin mendapatkan fitur yang sangat bagus maka peneliti menyarankan untuk memilih aplikasi webex karena aplikasi webex memiliki fitur yang lebih bagus daripada kedua aplikasi lainnya. Sedangkan jika pengguna memiliki jaringan yang lumayan terbatas maka ada baiknya pengguna menggunakan aplikasi google meet atau zoom.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa aplikasi zoom lebih baik dibandingkan dengan webex dan google meet jika jaringan yang tersedia sangat terbatas untuk melakukan meeting. Sedangkan jika jaringan sangat bagus dan client ingin mendapatkan performa aplikasi yang sangat bagus maka lebih baik client menggunakan aplikasi Webex dibandingkan dengan google dan zoom karna fitur suara dan video pada webex sangat bagus. Jika client mempunyai jaringan yang lumayan lambat dan ingin menggunakan aplikasi dengan lancar maka client disarankan menggunakan antara google meet atau zoom. Pada penelitian tersebut juga dapat disimpulkan bahwa jika pengguna ingin menggunakan aplikasi hanya untuk melakukan pembicaraan tanpa melakukan open cam maka aplikasi yang dapat digunakan yakni adalah aplikasi Zoom dan Meet jika pengguna tidak terlalu peduli dengan kualitas suara, Sedangkan jika pengguna ingin menggunakan aplikasi dengan suara yang bagus maka ada baiknya pengguna menggunakan aplikasi Webex. Namun jika pengguna ingin melakukan meeting yang dimana membutuhkan open cam yang banyak, maka peneliti menyarankan pengguna untuk menggunakan aplikasi Zoom.

B. Saran

Dengan melihat beberapa kekurangan yang terdapat dalam penelitian ini, berikut beberapa usulan dan saran dari penulis untuk peneliti berikutnya yang ingin meneliti dan mendapatkan hasil yang jauh lebih maksimal:

- Perbanyak pengambilan data dan coba untuk menggunakan jaringan yang lebih kencang dari pada jaringan yang digunakan oleh peneliti sekarang.
- Menggunakan jaringan wireless dan coba untuk memberikan solusi kepada client dengan cara memberi burst time.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam menyelesaikan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir penelitian ini, peneliti telah banyak menerima bantuan yang berupa bimbingan, saran dan masukan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Dengan kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

- 1) Yuan Lukito, S.Kom., M.Cs selaku dosen pembimbing I saya..
- 2) Nugroho Agus Haryono., S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II saya.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan, baik dalam penelitian maupun dalam penulisan laporan penelitian ataupun jurnal ini, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membantu mengembangkan laporan penelitian tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini dan memberikan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir serta memohon maaf apabila ada kesalahan dalam penyelesaian tugas akhir semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan dunia pendidikan baik di Indonesia maupun diluar Indonesia.

- [1] R. Singh and S. Awatashi, "Updated Comparative Analysis on deo Conferencing Platforms- Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, WebEx Teams and GoToMeetings," *Updated Comparative Analysis on Video Conferencing Platforms- Zoom, Google Meet, Microsoft Teams, WebEx Teams and GoToMeetings*, 2020.
- [2] J. D. Santoso, "ANALISIS PERBANDINGAN METODE QUEUE PADA MIKROTIK," *ANALISIS PERBANDINGAN METODE QUEUE PADA MIKROTIK*, 2020.
- [3] A. F. Daru, F. W. Christanto and A. Kurniawan, "0760Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik," *0760Metode PCQ dan Queue Tree untuk Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik*, 2017.
- [4] A. Rahman, "IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH UNTUK VIDEO CONFERENCE DENGAN METODE FIREWALL MANGLE PADA ROUTER RB951-2n," *IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH UNTUK VIDEO CONFERENCE DENGAN METODE FIREWALL MANGLE PADA ROUTER RB951-2n*.
- [5] J. M. Jimenez, J. L. Gracia-Navas, J. Lloret and o. romero, "Architecture and Protocol to Optimize Videoconference in Wireless Networks," *Architecture and Protocol to Optimize Videoconference in Wireless*

Networks, 2020.

- [6] I. Faisal and a. fauzi, "ANALISIS QoS PADA IMPLEMENTASIMANAJEMEN BANDWITH MENGGUNAKAN METODEQUEUE TREE dan PCQ(PER CONNECTION QUEUEING)," *ANALISIS QoS PADA IMPLEMENTASIMANAJEMEN BANDWITH MENGGUNAKAN METODEQUEUE TREE dan PCQ(PER CONNECTION QUEUEING)*, 2019.
- [7] a. Wati, suroso and sarjana, "Analisis Kualitas Layanan QoS Video Conference pada Jaringan 4G LTE dengan Menggunakan Codec H.264," *Analisis Kualitas Layanan QoS Video Conference pada Jaringan 4G LTE dengan Menggunakan Codec H.264*, 2018.
- [8] A. J. Clopper, E. C. Baccei and T. J. Sel, "An Evaluation of Z aluation of Zoom and Micr oom and Microsoft T osoft Teams Video Conf eams Video Conferencing Software with Network Packet Loss and Latency," *An Evaluation of Z aluation of Zoom and Micr oom and Microsoft T osoft Teams Video Conf eams Video Conferencing Software with Network Packet Loss and Latency*, 2020.
- [9] M. Bhakti and W. Wandy, "Web Conference Internet Traffic Analysis during Study-from-Home Period: Case in Sampoerna Uni- versity," *Web Conference Internet Traffic Analysis during Study-from-Home Period: Case in Sampoerna Uni- versity*, 2020.
- [10] D. Kurnia, "ANALISIS QOS PADA PEMBAGIAN BANDWIDTHDENGAN METODE LAYER 7 PROTOCOL, PCQ, HTB DAN HOTSPOT DI SMK SWASTA AL-WASHLIYAH PASAR SENEN," *ANALISIS QOS PADA PEMBAGIAN BANDWIDTHDENGAN METODE LAYER 7 PROTOCOL, PCQ, HTB DAN HOTSPOT DI SMK SWASTA AL-WASHLIYAH PASAR SENEN*, 2017.
- [11] F. Andoro, arrocman and H. Agung, "PENGARUH ANALISA METODE SIMPLE QUEUE DAN TREE QUEUE DALAMBANDWITH MANAJEMEN JARINGAN KOMPUTER," *PENGARUH ANALISA METODE SIMPLE QUEUE DAN TREE QUEUE DALAMBANDWITH MANAJEMEN JARINGAN KOMPUTER*, 2020.
- [12] I. MUTMAINNAH, "Mengenal Pandas Dalam Python," Medium, 6 jan 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@16611092/mengenal-pandas-dalam-python-cc66d0c5ea40>. [Accessed 27 May 2021].
- [13] M. D. L. Siahaan, M. S. Panjaitan and A. P. Siahaan, "MikroTik Bandwidth Management to Gain the Users Prosperity Prevalent," *MikroTik Bandwidth Management to Gain the Users Prosperity Prevalent*, 2016.