

***BANDWIDTH MANAGEMENT PADA JARINGAN KOMPUTER
MENGUNAKAN ALGORITMA PER CONNECTION QUEUE***

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD AMINUN ASYKUR ROMADHONA

NIM. 15650087



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2022

**BANDWIDTH MANAGEMENT PADA JARINGAN KOMPUTER
MENGUNAKAN ALGORITMA PER CONNECTION QUEUE**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Oleh :

MUHAMMAD AMINUN ASYKUR ROMADHONA

NIM. 15650087

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG**

2022

HALAMAN PERSETUJUAN

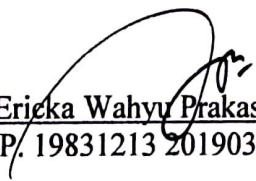
**BANDWIDTH MANAGEMENT PADA JARINGAN KOMPUTER
MENGUNAKAN ALGORITMA PER CONNECTION QUEUE**

SKRIPSI

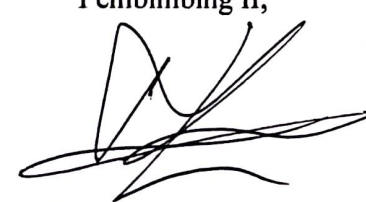
Oleh :
MUHAMMAD AMINUN ASYKUR ROMADHONA
NIM. 15650087

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 07 April 2022

Pembimbing I,



Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom
NIP. 19831213 201903 1 004

Pembimbing II,


Supriyono, M. Kom
NIP. 19841010 201903 1 012

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang




Fachrul Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

HALAMAN PENGESAHAN





BANDWIDTH MANAGEMENT PADA JARINGAN KOMPUTER MENGUNAKAN ALGORITMA PER CONNECTION QUEUE

SKRIPSI

Oleh :

MUHAMMAD AMINUN ASYKUR ROMADHONA
NIM. 15650087

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)
Tanggal: 26 Mei 2022

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji Utama	: <u>Dr. Ir. M. Amin Hariyadi, M.T</u> NIP. 19670018 200501 1 001	()
Ketua Penguji	: <u>Fresy Nugroho, M. T</u> NIP. 19710722 201101 1 001	()
Sekretaris Penguji	: <u>Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom</u> NIP. 19831213 201903 1 004	()
Anggota Penguji	: <u>Supriyono, M. Kom</u> NIP. 19841010 201903 1 012	()

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang


Dr. Fachrudin Kurniawan, M.MT, IPM
NIP. 19771020 200912 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Aminun Asykur Romadhona
NIM : 15650087
Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika
Judul Skripsi : Bandwidth management pada jaringan komputer
menggunakan algoritma per connection queue.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini merupakan hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 23 Mei 2022
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Aminun Asykur R
NIM.15650087

MOTTO

...Manusia tidak akan diuji kecuali dia mampu untuk menghadapi ujian tersebut...

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puja dan puji senantiasa kita haturkan kehadiran Allah SWT atas limpahan nikmat dan kasih sayangNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar tanpa kendala apapun. Sholawat serta salam selalu kita hadiahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang kita harapkan syafa'atnya di Yaumul Mahsyar kelak.

Penulis menyadari dalam menyusun skripsi ini banyak mendapatkan dukungan, bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Dengan ketulusan hati, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu bersabar dan mendoakan penulis.
2. Dr. Fachrul Kurniawan, selaku ketua jurusan dan dosen wali yang telah memberikan motivasi dan arahan sehingga penulis dapat segera menyelesaikan skripsi.
3. Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom selaku dosen pembimbing I yang telah sabar membantu dan membimbing penulis sehingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik.
4. Supriyono, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang memberikan motivasi dan masukan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh dosen teknik informatika yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama masa perkuliahan ini.

6. Bambang kusheryanto yang telah memberikan bantuan berupa peralatan penelitian serta arahan dan petunjuk dalam melakukan penelitian sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

Semoga semua kebaikan yang mereka lakukan kepada penulis serta kerja keras penulis dicatat sebagai amal yang diterima serta mendapat ridho dari Allah SWT.

Malang, 23 Mei 2022

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 <i>Quality of Service (QoS)</i>	6
2.2 <i>Network Development Life Cycle (NDLC)</i>	6
2.3 <i>Bandwidth Management</i>	7
BAB III DESAIN DAN IMPLEMENTASI	10
3.1 <i>Analysis</i>	12
3.2 Desain Sistem.....	13
3.3 <i>Simulation Prototyping</i>	15
3.3.1 Konfigurasi Router ikrotik.....	16

3.3.2	Konfigurasi <i>Bandwidth Management</i> pada Router Mikrotik.....	23
3.4	<i>Implementation</i>	35
3.5	<i>Monitoring</i>	36
3.6	<i>Management</i>	38
BAB IV	UJI COBA DAN PEMBAHASAN	40
4.1	Uji Coba Tahap Simulasi.....	40
4.1.1	Skenario Uji Coba.....	41
4.1.2	Hasil Uji Coba.....	41
4.2	Uji Coba Tahap Implementasi.....	43
4.2.1	Skenario Uji Coba.....	44
4.2.2	Hasil Uji Coba.....	45
4.2.2.1	Pengujian dengan bandwidth limit 2Mb.....	45
4.2.2.2	Pengujian dengan bandwidth limit 3Mb.....	54
4.2.2.3	Pengujian dengan bandwidth limit 4Mb.....	63
4.2.2.4	Pengujian dengan <i>bandwidth limit</i> 5Mb.....	72
BAB V	PENUTUP	87
5.1	Kesimpulan.....	87
5.2	Saran.....	88
DAFTAR PUSTAKA		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Metode NDLC (Network Development Life Cycle).....	10
Gambar 3.2 Desain Sistem.....	13
Gambar 3.3 Topologi Jaringan Logic.....	14
Gambar 3.4 Topologi Jaringan Fisik.....	15
Gambar 3.5 Flowchart konfigurasi bandwidth management.....	16
Gambar 3.6 Winbox login interface.....	17
Gambar 3.7 IP DHCP Client.....	17
Gambar 3.8 DHCP Client Setup.....	18
Gambar 3.9. DHCP Client List.....	18
Gambar 3.10 IP Addresses.....	18
Gambar 3.11 Add Address.....	19
Gambar 3.12 IP Address List.....	19
Gambar 3.13 IP DNS.....	19
Gambar 3.14 DNS Setup.....	20
Gambar 3.15 Test DNS.....	20
Gambar 3.16 DHCP Server Setup.....	21
Gambar 3.17 DHCP Server list.....	21
Gambar 3.18 IP Firewall.....	21
Gambar 3.19 NAT Rule Config.....	22
Gambar 3.20 LAN PC.....	22
Gambar 3.21 LAN PC Result.....	23
Gambar 3.22 CMD Ping test.....	23
Gambar 3.23 Router traffic.....	24
Gambar 3.24 Script koneksi router.....	24
Gambar 3.25 Ip Address list.....	26
Gambar 3.26 Zoom ip list.....	27
Gambar 3.27 Script address zoom.....	27
Gambar 3.28 Script zoom download udp.....	28
Gambar 3.29 Script zoom upload udp.....	28
Gambar 3.30 Script zoom download tcp.....	29
Gambar 3.31 Script zoom upload tcp.....	29
Gambar 3.32 Script zoom download udp.....	30
Gambar 3.33 Script non zoom upload udp.....	30
Gambar 3.34 Script non zoom download tcp.....	31
Gambar 3.35 Script non zoom upload tcp.....	31
Gambar 3.36 Mark packet winbox.....	31
Gambar 3.37 Trafik data down selain zoom.....	32
Gambar 3.38 Skenario pengujian.....	33
Gambar 3.39 Script parent upload download.....	33

Gambar 3.40 Ilustrasi bandwidth management.....	33
Gambar 3.41 Script antrian paket zoom.....	34
Gambar 3.42 Script antrian paket non zoom.....	34
Gambar 3.43 Tampilan queue tree winbox.....	35
Gambar 3.44 Script ubah maximum limit.....	36
Gambar 3.45 Script ubah prioritas.....	37
Gambar 3.46 Diagram flowchart capture data wireshark.....	38
Gambar 3.47 Script bot telegram.....	40
Gambar 3.48 Tampilan notifikasi bot telegram.....	40
Gambar 3.49 Tampilan aplikasi MikroTik.....	41
Gambar 3.50 Menu user list winbox.....	42
Gambar 4.1 Capture data winbox dengan PCQ.....	45
Gambar 4.2 Capture data winbox tanpa PCQ.....	45
Gambar 4.3 Perbandingan <i>average rate</i>	46
Gambar 4.4 Perbandingan <i>throughput</i> 2Mb.....	55
Gambar 4.5 Perbandingan <i>packet loss</i> 2Mb.....	55
Gambar 4.6 Perbandingan <i>delay</i> 2Mb.....	56
Gambar 4.7 Perbandingan <i>jitter</i> 2Mb.....	56
Gambar 4.8 Perbandingan <i>average rate</i> 2Mb.....	57
Gambar 4.9 Perbandingan <i>throughput</i> 3Mb.....	64
Gambar 4.10 Perbandingan <i>packet loss</i> 3Mb.....	65
Gambar 4.11 Perbandingan <i>delay</i> 3Mb.....	65
Gambar 4.12 Perbandingan <i>jitter</i> 3Mb.....	66
Gambar 4.13 Perbandingan <i>average rate</i> 3Mb.....	66
Gambar 4.14 Perbandingan <i>throughput</i> 4Mb.....	73
Gambar 4.15 Perbandingan <i>packet loss</i> 4Mb.....	74
Gambar 4.16 Perbandingan <i>delay</i> 4Mb.....	74
Gambar 4.17 Perbandingan <i>jitter</i> 4Mb.....	75
Gambar 4.18 Perbandingan <i>average rate</i> 4Mb.....	75
Gambar 4.19 Perbandingan <i>throughput</i> 5Mb.....	82
Gambar 4.20 Perbandingan <i>packet loss</i> 5Mb.....	83
Gambar 4.21 Perbandingan <i>delay</i> 5Mb.....	83
Gambar 4.22 Perbandingan <i>jitter</i> 5Mb.....	84
Gambar 4.23 Perbandingan <i>average rate</i> 5Mb.....	84
Gambar 5.1 Perbandingan nilai <i>throughput</i>	91
Gambar 5.2 Perbandingan nilai <i>packet loss</i>	92
Gambar 5.3 Perbandingan nilai <i>delay</i>	92
Gambar 5.4 Perbandingan nilai <i>jitter</i>	92

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi router.....	12
Tabel 3.2 Spesifikasi modem.....	12
Tabel 3.3 Sepesifikasi laptop admin.....	13
Tabel 3.4 Kategori parameter QoS.....	39
Tabel 3.5 Kategori throughput.....	39
Tabel 4.1 <i>Average rate</i> metode PCQ.....	45
Tabel 4.2 <i>Average rate</i> tanpa PCQ.....	45
Tabel 4.3 <i>Throughput</i> PCQ 2Mb.....	48
Tabel 4.4 <i>Throughput</i> tanpa PCQ 2Mb.....	49
Tabel 4.5 <i>Packet loss</i> PCQ 2Mb.....	49
Tabel 4.6 <i>Packet loss</i> tanpa PCQ 2Mb.....	50
Tabel 4.7 <i>Delay</i> PCQ 2Mb.....	50
Tabel 4.8 <i>Delay</i> tanpa PCQ 2Mb.....	51
Tabel 4.9 <i>Jitter</i> PCQ 2Mb.....	52
Tabel 4.10 <i>Jitter</i> tanpa PCQ 2Mb.....	52
Tabel 4.11 <i>Average rate</i> PCQ 2Mb.....	53
Tabel 4.12 <i>Average rate</i> tanpa PCQ 2Mb.....	53
Tabel 4.13 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limt 2Mb.....	54
Tabel 4.14 <i>Throughput</i> PCQ 3Mb.....	57
Tabel 4.15 <i>Throughput</i> tanpa PCQ 3Mb.....	58
Tabel 4.16 <i>Packet loss</i> PCQ 3Mb.....	59
Tabel 4.17 <i>Packet loss</i> tanpa PCQ 3Mb.....	59
Tabel 4.18 <i>Delay</i> PCQ 3Mb.....	60
Tabel 4.19 <i>Delay</i> tanpa PCQ 3Mb.....	60
Tabel 4.20 <i>Jitter</i> PCQ 3Mb.....	61
Tabel 4.21 <i>Jitter</i> tanpa PCQ 3Mb.....	62
Tabel 4.22 <i>Average rate</i> PCQ 3Mb.....	62
Tabel 4.23 <i>Average rate</i> tanpa PCQ 3Mb.....	63
Tabel 4.24 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limt 3Mb.....	64
Tabel 4.25 <i>Throughput</i> PCQ 4Mb.....	67
Tabel 4.26 <i>Throughput</i> tanpa PCQ 4Mb.....	67
Tabel 4.27 <i>Packet loss</i> PCQ 4Mb.....	68
Tabel 4.28 <i>Packet loss</i> tanpa PCQ 4Mb.....	68
Tabel 4.29 <i>Delay</i> PCQ 4Mb.....	69
Tabel 4.30 <i>Delay</i> tanpa PCQ 4Mb.....	70
Tabel 4.31 <i>Jitter</i> PCQ 4Mb.....	70
Tabel 4.32 <i>Jitter</i> tanpa PCQ 4Mb.....	71
Tabel 4.33 <i>Average rate</i> PCQ 4Mb.....	71
Tabel 4.34 <i>Average rate</i> tanpa PCQ 4Mb.....	72

Tabel 4.35 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limt 4Mb.....	73
Tabel 4.36 <i>Throughput</i> PCQ 5Mb.....	76
Tabel 4.37 <i>Throughput</i> tanpa PCQ 5Mb.....	76
Tabel 4.38 <i>Packet loss</i> PCQ 5Mb.....	77
Tabel 4.39 <i>Packet loss</i> tanpa PCQ 5Mb.....	77
Tabel 4.40 <i>Delay</i> PCQ 5Mb.....	78
Tabel 4.41 <i>Delay</i> tanpa PCQ 5Mb.....	79
Tabel 4.42 <i>Jitter</i> PCQ 5Mb.....	79
Tabel 4.43 <i>Jitter</i> tanpa PCQ 5Mb.....	80
Tabel 4.44 <i>Average rate</i> PCQ 5Mb.....	80
Tabel 4.45 <i>Average rate</i> tanpa PCQ 5Mb.....	81
Tabel 4.46 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limt 5Mb.....	82
Tabel 4.47 Hasil Perbandingan Nilai terbaik Pengujian.....	85

ABSTRAK

Romadhona, Muhammad Aminun Asykur. 2022. **Bandwdith Management pada Jaringan Komputer Menggunakan Algoritma Per Connection Queue.** Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom (II) Supriyono, M. Kom.

Kata kunci: *Bandwidth Management*, PCQ, QoS, Mikrotik.

Manajmen *bandwidth* dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan paket data yang macet dalam jaringan komputer. Manajmen *bandwidth* dapat mengatur lalu lintas paket data dalam sebuah jaringan komputer sehingga *bandwidth* dapat digunakan secara optimal untuk kebutuhan yang lebih diutamakan. Pada penelitian ini *video conference* menggunakan aplikasi zoom digunakan sebagai studi kasus untuk manajemen *bandwidth* dalam memprioritaskan paket data zoom diatas paket data yang lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur nilai *quality of service* pada *video conference* ketika diterapkan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *per connection queue*. Manajemen *bandwidth* dikonfigurasi menggunakan perangkat mikrotik RB951Ui-2HnD. Pengujian dilakukan dengan user melakukan zoom dan download file secara bersamaan dimana paket data zoom lebih diprioritaskan. Hasil pengujian manajemen *bandwidth* menggunakan metode pcq menunjukkan peningkatan nilai *quality of service* (QoS) pada parameter a) *throughput* meningkat sebesar 264.05kb/s b) *delay* dan *jitter* berkurang sebesar 0.6ms c) *packet drop* berkurang sebesar 1.21%.

ABSTRACT

Romadhona, Muhammad Aminun Asykur. 2022. **Bandwidth Management on a Computer Network Using the Per Connection Queue Algorithm**. Thesis. Departement of Informatics, Faculty of Science and Technology Islamic State University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Promotor: (I) Johan Ericka Wahyu Prakasa, M.Kom (II) Supriyono, M. Kom..

Key words: Bandwidth Management, PCQ, QoS, Mikrotik.

Bandwidth management is needed to solve the problem of data packets jam in the computer network. *Bandwidth management* can manage data packet traffic in a computer network so that bandwidth is used optimally for more necessary needs. In this research, video conference using zoom application is used as a case study for bandwidth management in prioritizing zoom data packages over other data packages. This study aims to measure the value of service quality (qos) in video conferencing when using bandwidth management with per connection queue algorithm. Bandwidth management is configured using a mikrotik RB951Ui-2HnD device. The test is carried out with the user doing zoom and downloading the file simultaneously where the zoom data package is prioritized. The results of bandwidth management testing using the pcq method show an increase in service quality value (QoS) in parameters a) throughput increases by 264.05kb/s b) delay and jitter decreases by 0.6ms and c) packet drop decreases by 1.21%.

مستخلص البحث

رمضان، محمد أمين أشكر. ٢٠٢٢. إدارة النطاق الترددي على شبكات الكمبيوتر باستخدام خوارزمية كل قائمة انتظار الاتصال. البحث الجامعي. قسم الهندسة المعلوماتية، كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف الأول: يوهان إريكا وحي براكاسا، الماجستير. المشرف الثاني: سوبريونو، الماجستير.

الكلمات الرئيسية: إدارة النطاق الترددي، كل قائمة انتظار الاتصال، جودة الخدمة، ميكروتيك.

هناك حاجة إلى إدارة النطاق الترددي لحل مشكلة حزم البيانات العالقة في شبكة الكمبيوتر. يمكن لإدارة النطاق الترددي إدارة حركة مرور حزم البيانات في شبكة كمبيوتر بحيث يمكن استخدامه على النحو الأمثل لتلبية الاحتياجات المفضلة. في هذه الدراسة، تم استخدام مؤتمر عبر المرئي باستخدام تطبيق زووم كدراسة حالة لإدارة النطاق الترددي في إعطاء الأولوية لحزم بيانات زووم على حزم البيانات الأخرى. تهدف هذه الدراسة إلى قياس قيمة جودة الخدمة في مؤتمر عبر المرئي عند تطبيق إدارة النطاق الترددي باستخدام طريقة كل قائمة انتظار الاتصال. تم تكوين إدارة النطاق الترددي باستخدام جهاز ميكروتيك RB951Ui-2HnD. تم إجراء الاختبار من قبل المستخدم الذي يقوم بمشاركة في زووم وتنزيل الملفات في وقت واحد حيث يتم إعطاء الأولوية لحزم بيانات زووم. أظهرت نتائج اختبار إدارة النطاق الترددي باستخدام طريقة كل قائمة انتظار الاتصال أن الزيادة في قيمة جودة الخدمة (QoS) في المعلمة أ) زيادة معدل الإنتاجية بمقدار ٢٦٤,٠٥ كيلو بايت / ثانية، ب) انخفاض التأخير وتقليل الإرسال بمقدار ٠,٦ مللي ثانية، ج) انخفاض انخفاض الحزمة بمقدار ١,٢١ %.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lebar pita atau biasa disebut bandwidth merupakan ukuran besarnya saluran transmisi tempat lewatnya paket data. Bandwidth menunjukkan banyaknya paket data yang dapat dilewatkan dalam sebuah koneksi pada suatu jaringan komputer. Masalah yang sering terjadi pada sebuah jaringan komputer adalah terjadi tumpukan paket data pada jalur yang sama disebabkan oleh banyaknya pengguna pada waktu bersamaan. Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kemacetan paket data ini adalah dengan melakukan manajemen bandwidth. Manajemen bandwidth dapat diterapkan menggunakan beberapa metode salah satunya adalah metode per connection queue (PCQ) menggunakan mikrotik Router.

Manfaat manajemen Bandwidth akan lebih terasa ketika berfokus untuk memprioritaskan salah satu jenis paket data diatas paket data yang lain. Penelitian ini akan memfokuskan manajemen bandwidth untuk memprioritaskan paket data *video conference* menggunakan aplikasi zoom sehingga dapat dilihat kualitas *video conference* ketika menggunakan manajemen bandwidth dengan metode per connection queue dan tanpa manajemen bandwidth.

Paket data *video conference* dipilih karena sesuai dengan kondisi masyarakat saat ini dimana terjadi perubahan kebiasaan manusia dalam beraktivitas seperti bekerja dan sekolah yang semula kegiatan tersebut dilakukan diluar rumah saat ini harus diminimalisir dengan melakukan bekerja dari rumah

atau working from home (WFH). Perubahan kebiasaan manusia menjadi working from home ini berdampak terhadap meningkatnya penggunaan internet karena semua aktifitas yang semula dilakukan dengan normal secara offline saat ini harus dilakukan secara online (Santoso, 2020). Perubahan kebiasaan ini terjadi hampir di seluruh sektor mulai dari sektor industri hingga sektor pendidikan. Salah satu contoh aktivitas yang sering dilakukan secara online adalah aktifitas belajar mengajar dengan menggunakan platform kelas online.

Kelas online dilakukan dengan cara guru atau dosen memanfaatkan fitur video conference untuk menyampaikan materi kepada peserta didiknya. Contoh aplikasi video conference yang biasa digunakan untuk pembelajaran adalah Zoom Cloud Meetings, dan Google Meet. Ada beberapa permasalahan yang dihadapi saat melakukan video conference seperti padatnya traffic internet yang sangat padat karena bertambahnya jumlah pengguna internet dari waktu ke waktu. Selain itu belum terbiasanya pengajar serta peserta didik dalam menggunakan aplikasi video conference serta masalah paket data untuk akses internet juga menjadi masalah ketika melakukan video conference (Abidin, Rumansyah, & Arizona, 2020). Koneksi internet yang kurang memadai serta penggunaan internet untuk hal-hal selain video conference seperti mengakses sosial media atau streaming youtube dapat menyebabkan menurunnya kualitas video conference seperti terjadinya delay pada saat proses pembelajaran berlangsung sehingga materi pembelajaran tidak dapat tersampaikan dengan baik.

Masalah tersebut dapat diatasi dengan melakukan perbaikan terhadap Quality of Service (kualitas jaringan) melalui manajemen bandwidth. Islam

mengajarkan untuk memberikan pelayanan yang baik kepada orang lain sebagaimana kita ingin diberikan pelayanan yang baik pula sebagaimana dijelaskan dalam Q.S Al-Baqarah[2]: 267

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا أَنْفِقُوا مِنْ طَيِّبَاتِ مَا كَسَبْتُمْ وَمِمَّا أَخْرَجْنَا لَكُمْ مِنَ الْأَرْضِ وَلَا تَيَمَّمُوا

الْخَبِيثَ مِنْهُ تُنْفِقُونَ وَلَسْتُمْ بِآخِذِيهِ إِلَّا أَنْ تُغْمِضُوا فِيهِ وَاعْلَمُوا أَنَّ اللَّهَ غَنِيٌّ حَمِيدٌ

“Hai orang-orang yang beriman, nafkahkanlah (di jalan Allah) sebagian dari hasil usahamu yang baik-baik dan sebagian dari apa yang Kami keluarkan dari bumi untuk kamu. Dan janganlah kamu memilih yang buruk-buruk lalu kamu menafkahkan daripadanya, padahal kamu sendiri tidak mau mengambilnya melainkan dengan memincingkan mata terhadapnya” (Q.S. Al-Baqarah[2]: 267).

Ayat ini menyuruh kita untuk menginfakkan sebagian dari hasil usaha kita yang sebaik-baiknya serta diperoleh menggunakan cara yang halal, Allah itu baik dan hanya menerima yang baik-baik. Ketika kita memberikan sesuatu kepada seseorang maka kita harus memposisikan diri sebagai penerima tentunya kita ingin jika sesuatu yang diberikan kepada kita merupakan hal yang baik (tafsirweb). Ibnu ‘Abbas dalam tafsir Ibnu Katsir menjelaskan bahwa kita diperintahkan untuk berinfaq atau beramal dengan harta yang terbaik, harta yang disukai, dan bernilai tinggi serta melarang beramal menggunakan sesuatu yang tidak baik (Sauri, 2017).

Manajemen bandwidth merupakan teknik pengelolaan jaringan sebagai usaha untuk memberikan performa jaringan yang adil dan memuaskan (Nurfiana & Ramanda, 2019). Jika penggunaan *bandwidth* tidak dimanage dengan sebagaimana mestinya maka akibatnya dapat terjadi perebutan *bandwidth* antar user yang berada pada jaringan yang sama. Perebutan *bandwidth* akan membuat *bandwidth* digunakan untuk hal yang mungkin tidak penting sehingga kualitas koneksi internet berkurang (Togohodoh, 2018).

Penggunaan bandwidth pada sebuah jaringan tidak hanya dipengaruhi oleh banyaknya pengguna, namun juga dipengaruhi oleh jenis serta tingkat kebutuhan pengiriman dan penerimaan (upload dan download). Pemanfaatan bandwidth yang tidak optimal dapat disebabkan oleh adanya salah satu atau lebih pengguna yang memonopoli penggunaan bandwidth dalam suatu jaringan untuk melakukan hal yang membutuhkan banyak kapasitas bandwidth seperti download film atau mengakses aplikasi-aplikasi (Jumiati, 2017).

Manajemen bandwidth dilakukan dengan cara memprioritaskan traffic data yang digunakan untuk video conference diatas traffic untuk keperluan lainnya. Salah satu algoritma untuk melakukan pemeringkatan traffic ini adalah Per Connection Queuing (PCQ). PCQ bekerja dengan menandai koneksi data untuk kemudian diatur antriannya. PCQ pada mikrotik digunakan bersamaan dengan fitur Queue, baik Simple Queue maupun Queue Tree. Queue Tree berfungsi untuk mengimplementasikan fungsi yang lebih kompleks dalam limit bandwidth pada mikrotik dimana penggunaan packet mark nya memiliki fungsi yang lebih baik.

Algoritma per connection queue dipilih karena memiliki keunggulan mampu membatasi bandwidth untuk tiap-tiap user dengan merata. PCQ juga memiliki kekurangan yaitu membutuhkan memori yang cukup besar (Wibawa, 2017). Berdasarkan latar belakang tersebut penelitian ini akan mengangkat judul **“Bandwidth Management pada Jaringan Komputer Menggunakan Algoritma Per Connection Queue”**.

1.2 Pertanyaan Masalah

Identifikasi masalah dari penelitian ini adalah seberapa bagus nilai *quality of service* pada video conference ketika diterapkan manajemen bandwidth menggunakan metode per connection queue ?

1.3 Batasan Masalah

Peningkatan kualitas video conference dengan pemeringkatan traffic jaringan komputer menggunakan metode per connection queue (PCQ) ini memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Manajemen Bandwidth dengan prioritas paket data zoom
2. Implementasi dilakukan pada router Mikrotik RB951Ui-2HnD.
3. Jaringan yang dipakai menggunakan jaringan wireless.
4. Tidak membahas aspek security.
5. Parameter QoS yang digunakan jitter, throughput, packet loss, delay, serta average packet aplikasi Zoom yang diukur dengan bantuan aplikasi wireshark dan winbox

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur nilai *quality of service* pada video conference ketika diterapkan manajemen bandwidth dengan metode per connection queue (PCQ).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah membantu pengguna agar bisa mendapatkan kualitas jaringan yang baik ketika melakukan kelas online melalui aplikasi zoom.

1.6 Sistematika Penulisan

Penelitian berikut dibagi menjadi beberapa bab pembahasan :

BAB I PENDAHULUAN : Berisi tentang latar belakang dari masalah yang akan diteliti, tujuan dan manfaat penelitian dari penelitian, batasan masalah pada penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan laporan penelitian.

BAB II STUDI PUSTAKA : Bab ini berisi penjelasan mengenai penelitian yang telah dilakukan ataupun teori dasar dan data-data yang terkait dengan penerapan metode Per Connection Queue untuk manajemen trafik jaringan pada mikrotik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN : Bab ini berisi tentang prosedur penerapan Per Connectin Queue dalam memajemen trafik jaringan komputer untuk mengoptimalkan kualitas video conference.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini berisi pengujian dari simulasi yang telah dibuat dan dilakukan pembahasan secara terperinci terhadap proses pengujian tersebut.

BAB V PENUTUP : Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta kritik dan saran untuk penelitian selanjutnya sehingga di dapatkan penelitian yang berkesinambungan

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 *Bandwidth Management*

Penelitian tentang *Bandwidth Management* menggunakan queue tree dan PCQ untuk meningkatkan *Quality of Service*. *Bandwidth* yang besar dapat memberikan pelayanan (Quality of Service) yang lebih baik bagi pengguna. *Bandwidth* memiliki satuan Bits Per Second Data (Bps) menunjukkan berapa banyak data yang mengalir setiap detiknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi *bandwidth management* mampu memberikan nilai *delay* dan *jitter* yang lebih sedikit sebesar 11.9 ms dibandingkan tanpa *bandwidth management* sebesar 33.5 ms (Faisal & Fauzi, 2018) .

Penelitian selanjutnya tentang implementasi dan analisis untuk layanan Voice over Internet Protocol (VoIP) dengan menggunakan metode Hierarchical Token Bucket (HTB) dan Per Connection Queue (PCQ) pada jaringan Multi Protocol Label Switching Traffic Engineering (MPLS-TE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan metode HTB dan PCQ sebagai *bandwidth management* pada jaringan MPLS-TE mampu nilai *Quality of Service* yang lebih baik dibandingkan dengan jaringan IP biasa yang tidak menerapkan *bandwidth management*. Nilai *delay* yang dihasilkan oleh jaringan tanpa *bandwidth management* berkisar antara 14,9ms hingga 24,5ms dengan rata-rata 17ms dibandingkan nilai *delay* dengan *bandwidth management* yang berkisar antara 14,9ms hingga 16,9ms dengan rata-rata 16ms (Zuqra & Rosyid, 2018).

Penelitian selanjutnya *bandwidth management* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *Queue Tree* serta menerapkan *monitoring software cacti* yang dikonfigurasi pada perangkat Raspberry Pi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan terjadinya peningkatan nilai QoS pada parameter *throughput* meningkat sebesar 0,6%, *delay* berkurang sampai dengan 30ms serta *jitter* yang memiliki nilai terbesar hanya 0,69 ms (Nurfiana & Ramanda, 2019).

Penelitian selanjutnya menggunakan mikrotik router sebagai optimalisasi *bandwidth management* menggunakan metode *queue tree* untuk meningkatkan efisiensi dalam pengembangan jaringan komputer. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa komputer yang diprioritaskan *queue tree* memiliki kecepatan rata-rata 1,38 Mbps dibandingkan komputer biasa yang hanya mencapai 512Kbps dalam 3 kali pengujian (Safar, Budiman, & Taruk, 2020).

2.2 Quality of Service

Penelitian tentang analisa *Quality of Service* untuk video streaming pada *Ethernet Over Internet Protocol* menggunakan metode *Priority Queuing* dan *Per Connection Queue*. Terdapat perbedaan hasil QoS antara metode PQ dan PCQ. Metode PQ mendukung QoS pada client yang memiliki prioritas tertinggi sedangkan metode PCQ mendukung QoS antar client karena mampu membagi layanan terhadap beberapa client yang melakukan aktivitas streaming secara bersamaan. Hasil penelitian menunjukkan pada percobaan dengan *bandwidth* 256Kbps pada *client 1* metode PCQ memiliki delay lebih sedikit yaitu sebesar 13,8ms dibandingkan metode PQ yang memiliki delay sebesar 22,5ms.

Throughput metode PCQ sebesar 70,1Kbps lebih besar ketimbang PQ yang hanya 37,0Kbps (Azinar dkk, 2016).

Quality of Service menggunakan 4 parameter untuk mengukur performa sebuah jaringan yaitu throughput, packet loss, delay, dan jitter. Keempat parameter ini digolongkan kedalam 4 kategori penilaian dalam rentang index 1-4, index 4 menunjukkan nilai sangat bagus dan index 1 menunjukkan nilai buruk (Zuqra & Rosyid, 2018).

2.3 Network Development Life Cycle (NDLC)

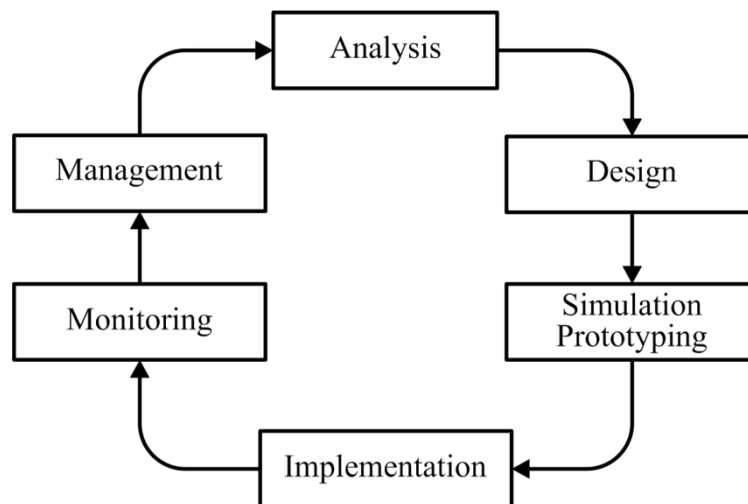
Penelitian selanjutnya Kurniawan dan Kosasi (2015) melakukan penelitian menggunakan Network Development Life Cycle (NDLC) pada perancangan intranet untuk mendukung proses pembelajaran. Network Development Life Cycle (NDLC) memiliki beberapa tahapan antara lain.

1. Analisis kebutuhan penelitian serta permasalahan yang ada.
2. Desain jaringan yang akan digunakan.
3. Simulasi penelitian yang akan dilakukan sebelum lanjut ke tahap implementasi (monitoring jaringan).
4. Tahap implementasi.
5. Manajemen alokasi bandwidth jaringan oleh administrator.

BAB III

DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Dalam penelitian ini penulis menggunakan pendekatan terhadap model pengembangan Network Development Life Cycle (NDLC). NDLC mendefinisikan siklus proses pengembangan sistem jaringan komputer (Haris, Suhartono, & Herlawati, 2018) . Berikut ini tahapan pengembangan jaringan komputer menggunakan NDLC.



Gambar 3.1 Metode NDLC (Network Development Life Cycle)

Tahapan yang akan dilalui berkaitan dengan skripsi ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis (Analysis), tahap analisis dilakukan dengan melakukan analisa permasalahan yang dihadapi, analisa keinginan user dan kebutuhan perangkat yang akan digunakan.

2. Perancangan (*Design*), tahap desain dilakukan dengan membuat rancangan desain sistem serta rancangan topologi jaringan yang akan digunakan digunakan dalam melakukan manajemen *bandwidth*.
3. Simulasi (*Simulation Prototype*), tahap simulasi dilakukan untuk menerapkan hasil konfigurasi melalui pengujian dengan skala kecil. Pengujian simulasi ini menggunakan koneksi paket data dari internet service provider (ISP) melalui smartphone pribadi.
4. Implementasi (*Implementation*), tahap implementasi dilakukan dengan melakukan pengujian ulang konfigurasi yang berhasil diuji pada tahap sebelumnya dengan skala yang lebih besar. Pengujian pada tahap ini menggunakan koneksi internet melalui jaringan wifi yang telah berlangganan pada salah satu internet service provider.
5. Pengawasan (*Monitoring*), tahap ini dilakukan untuk melakukan monitoring kepada *bandwidth management* yang telah diterapkan sehingga dapat diketahui jika terdapat masalah dan juga mengetahui konfigurasi yang membutuhkan penyesuaian atau perbaikan sehingga *bandwidth management* dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang ada pada tahap analisis.
6. Pengelolaan (*Management*), tahap ini merupakan tahap terakhir dalam metode NDLC dimana dilakukan beberapa pengembangan *bandwidth management* agar selalu dapat berjalan sesuai dengan perkembangan kebutuhan *user*.

3.1 Analysis

Proses perancangan sistem pada penelitian ini membutuhkan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) agar sistem bisa berjalan untuk memenuhi kebutuhan user yaitu mendapatkan kualitas video conference yang baik menggunakan aplikasi zoom. Perangkat keras yang digunakan antara lain.

1. Router Mikrotik RB951Ui-2HnD

Tabel 3.1 spesifikasi router

Jenis Hardware	Spesifikasi
CPU	AR9344
RAM	128 MB
Operating System	RouterOs 6.47.7 (Stable)
Ethernet	5 Ports
USB	1 Port

2. Modem ZTE ZXHN F660 V.5.2 FTTH

Tabel 3.2 spesifikasi modem

Jenis	Spesifikasi
ISP	Indihome
Speed	20 Mbps

Penelitian dilakukan menggunakan ISP Indihome dengan speed 20 Mbps.

Aplikasi zoom memerlukan *bandwidth* minimal 1.0Mbps/600kbps (up/down) untuk panelis meeting dan 600kbps (down) untuk peserta meeting agar bisa berjalan dengan baik (Zoom, 2022).

3. Laptop Admin

Tabel 3.3 spesifikasi laptop

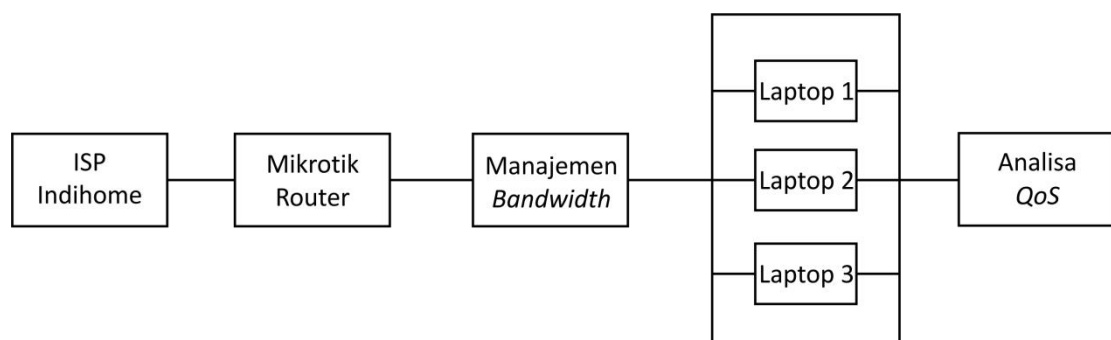
Jenis Hardware	Spesifikasi
Processor	AMD A6-4400M APU
RAM	4.00 GB
Operating System	Windows 7 Professional 64-bit

Perangkat lunak yang digunakan antara lain.

1. Winbox64 versi 3.20
2. Zoom versi 5.5.4
3. Wireshark versi 3.4.4

3.2 Desain Sistem

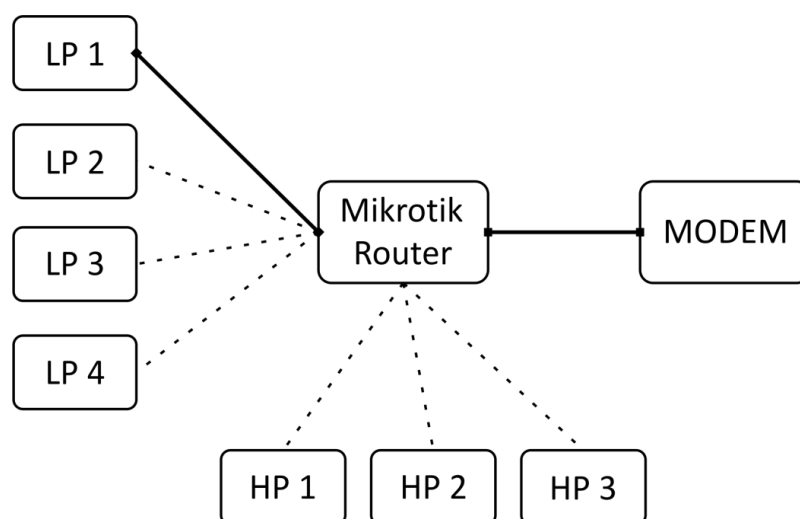
Desain sistem blok diagram ditunjukkan pada gambar 3.2



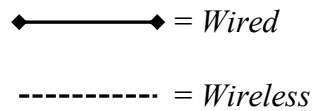
Gambar 3.2 Desain Sistem

1. Rancangan sistem berfokus pada penerapan manajemen bandwidth pada router mikrotik yang di atur menggunakan laptop 1. Indikator pencapaian keberhasilannya adalah apabila *bandwidth* setiap paket dapat dikontrol sesuai dengan yang diharapkan.
2. Selanjutnya adalah instalasi arsitektur jaringan mikrotik router menggunakan wireless LAN dirangkai sesuai dengan topologi jaringan yang ditentukan.
3. Setelah mikrotik terinstalasi maka dilakukan konfigurasi router menggunakan aplikasi winbox. Konfigurasi disesuaikan dengan skenario pengujian yaitu bandwidth setiap user dibatasi dari sebesar 2Mbps hingga 5Mbps yang akan digunakan untuk melakukan zoom sambil melakukan kegiatan lain yang dapat membebani traffic dalam penelitian ini download file berukuran besar, sehingga ketika traffic sedang padat dapat dilihat bagaimana hasil kinerja metode PCQ untuk menjaga *video conference* menggunakan zoom tetap berjalan dengan lancar.

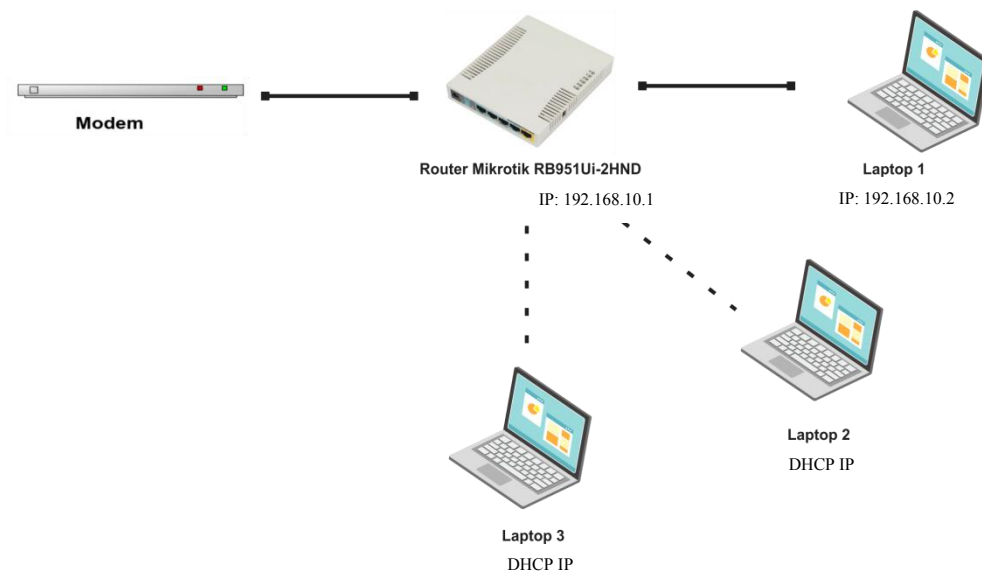
Berikut ini gambar topologi jaringan logic.



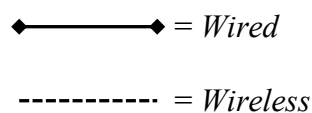
Gambar 3.3 Topologi Jaringan Logic



Berikut ini gambar topologi jaringan fisik.



Gambar 3.4 Topologi Jaringan fisik



Setiap perangkat diberikan alamat IP dan router dikonfigurasi sesuai dengan kebutuhan manajemen bandwidth untuk meningkatkan kualitas zoom meeting.

3.3 Simulation Prototyping

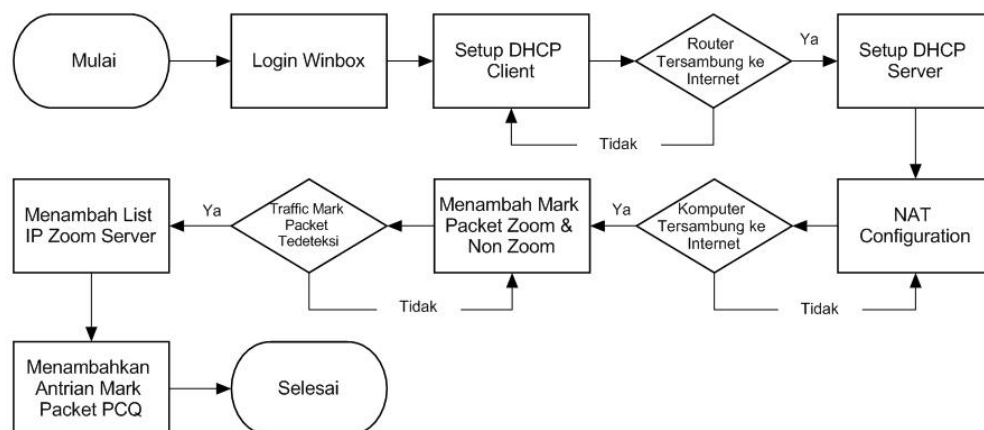
Tahap simulasi dimulai dengan melakukan konfigurasi bandwidth management langsung pada router mikrotik. Konfigurasi *bandwidth management* pada router mikrotik yang sudah terhubung internet dilakukan melalui program yang ditulis menggunakan bahasa python.

Setelah melakukan konfigurasi, dilakukan simulasi pengujian berskala kecil dengan menggunakan paket data smartphone pribadi sebagai sumber internet.

Data yang diambil adalah data *average rate packet marks* yang dipantau langsung pada aplikasi winbox sehingga dapat diketahui management bandwidth sudah berjalan. Algoritma PCQ bekerja dengan membagi bandwidth secara merata ke sejumlah client yang aktif dengan persamaan $Average\ Bandwidth\ per\ User = \frac{Max\ bandwidth}{Jumlah\ User}$ (Arifin, 2018).

3.3.1 Konfigurasi Dasar Router Mikrotik

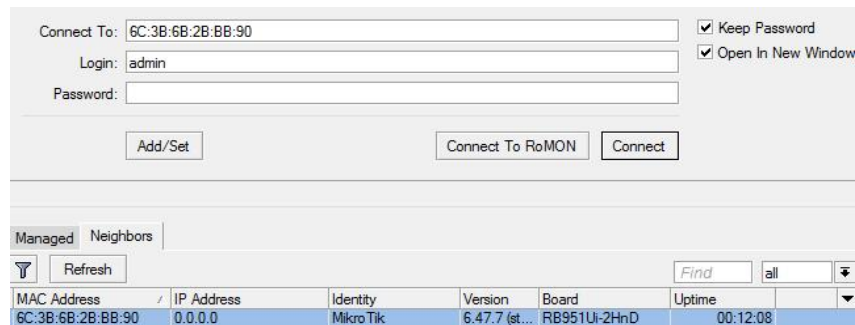
Setelah tersambung dengan modem dan laptop, *router* mikrotik harus dikonfigurasi terlebih dahulu agar laptop bisa terhubung ke internet. Konfigurasi *router* mikrotik dilakukan melalui aplikasi winbox versi 3.20 dengan langkah-langkah yang dijelaskan diagram *flowchart* pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Flowchart konfigurasi bandwidth management

1. Login ke aplikasi Winbox

Setelah router terhubung dengan laptop masukkan username dan password default kemudian tekan tombol *connect* pada aplikasi winbox.

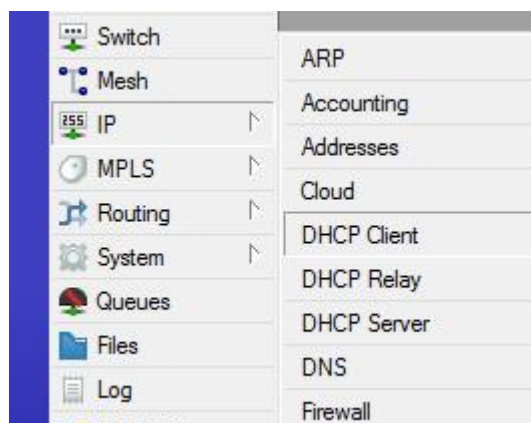


Gambar 3.6 Winbox login interface

Jika berhasil login maka akan muncul interface utama aplikasi winbox.

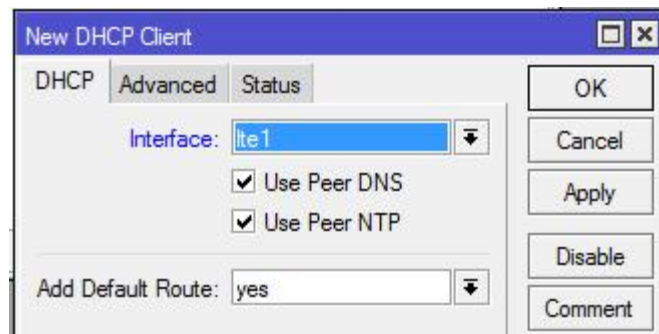
2. Menambahkan DHCP Client

Langkah pertama dengan menambahkan client pada dhcp agar client mendapatkan koneksi internet, caranya pada menu IP -> DHCP Client



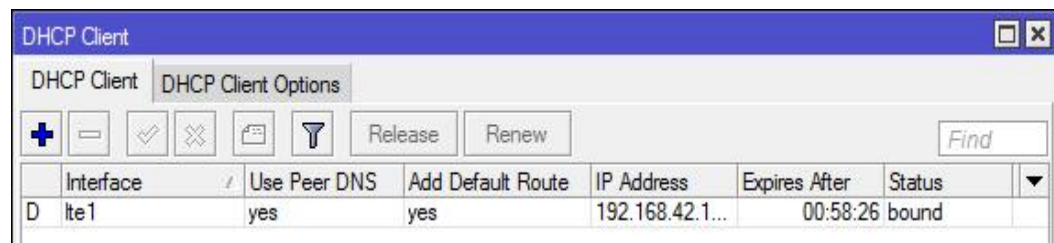
Gambar 3.7 IP DHCP Client

Kemudian kolom interface diisi dengan port yang terhubung dengan modem/internet.



Gambar 3.8 DHCP Client Setup

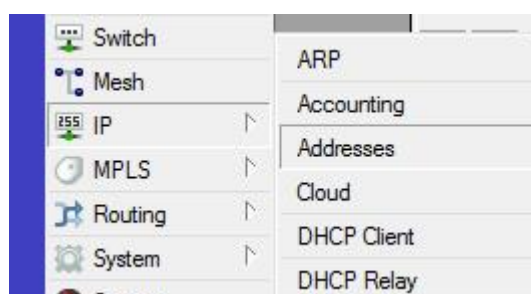
Jika sudah berhasil status DHCP Client berubah menjadi bound seperti ditunjukkan pada gambar 3.8.



Gambar 3.9 DHCP Client List

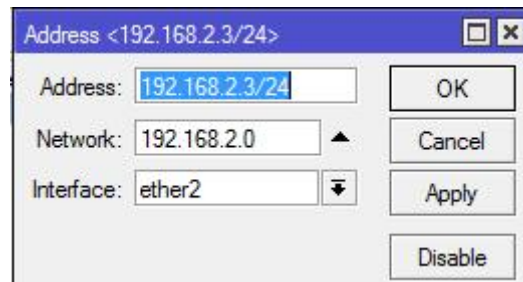
3. Menambahkan IP Address

Pada menu IP -> Addresses



Gambar 3.10 IP Addresses

Alamat IP baru ditambahkan untuk ke internet pada ether2.



Gambar 3.11 Add Address

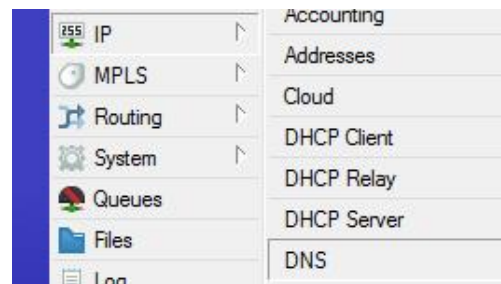
Berikut IP *address lists* setelah ditambahkan.

	Address	Network	Interface
	192.168.2.3/24	192.168.2.0	ether2
D	192.168.42.14/24	192.168.42.0	lte1

Gambar 3.12 IP Address List

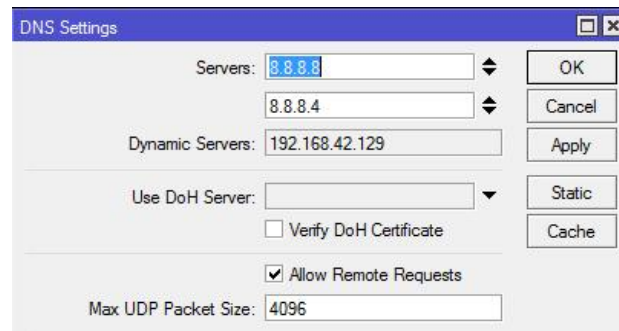
4. Menambahkan DNS

pada menu IP -> DNS



Gambar 3.13 IP DNS

Kolom servers diisi dengan port google yaitu 8.8.8.8 dan 8.8.8.4



Gambar 3.14 DNS Setup

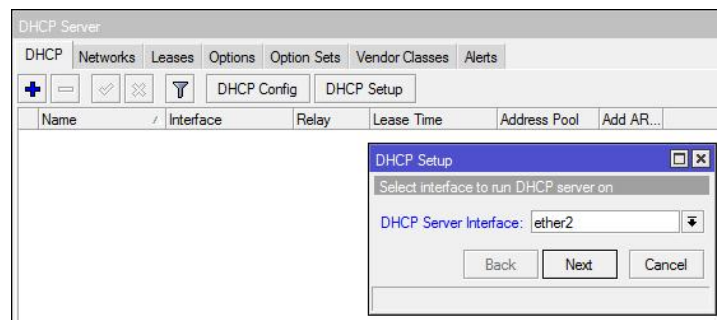
Setelah konfigurasi DNS selesai, dilakukan pengecekan apakah router sudah tersambung ke internet dengan cara melakukan ping ke server google.com melalui terminal.

```
[admin@MikroTik] > ping google.com
  SEQ HOST                                SIZE TTL TIME  STATUS
  0 74.125.200.101                          56 102 56ms
  1 74.125.200.101                          56 102 55ms
  2 74.125.200.101                          56 102 56ms
  3 74.125.200.101                          56 102 58ms
  4 74.125.200.101                          56 102 54ms
  5 74.125.200.101                          56 102 58ms
```

Gambar 3.15 Test DNS

5. Konfigurasi DHCP Server

Setelah router berhasil tersambung ke internet, dilakukan pemberian konfigurasi pada DHCP server bertujuan untuk menambahkan alamat IP secara otomatis kepada client. Berada di menu IP > DHCP Server pilih menu DHCP Setup kemudian antarmuka yang dipilih adalah yang terhubung dengan laptop.



Gambar 3.16 DHCP Server Setup

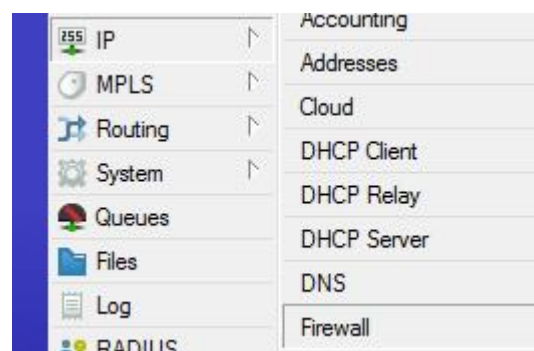
Berikut tampilan DHCP server setelah ditambahkan

Name	Interface	Relay	Lease Time	Address Pool	Add AR...
dhcp1	ether2	0.0.0.1	00:10:00	dhcp_pool0	no

Gambar 3.17 DHCP Server list

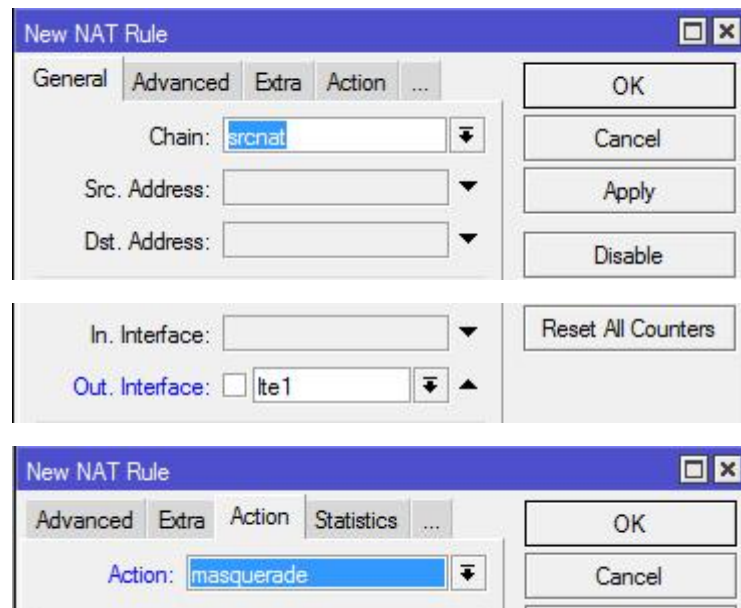
6. Konfigurasi NAT

Saat ini router sudah terhubung ke internet, tetapi laptop masih belum terhubung. Agar laptop dapat terhubung ke internet maka dibutuhkan NAT atau Network Address Translation berfungsi untuk mengubah alamat IP private menjadi IP publik. konfigurasi NAT dilakukan pada menu IP -> Firewall -> NAT



Gambar 3.18 IP Firewall

Rule NAT baru ditambahkan menggunakan chain -> srcnat kemudian untuk Out. Interface adalah interface yang terhubung dengan internet dan action menggunakan masquerade.



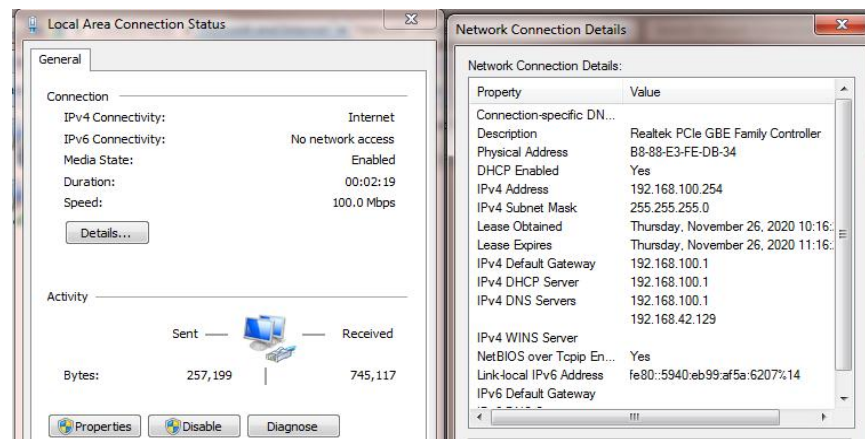
Gambar 3.19 NAT Rule Config

Setelah konfigurasi selesai dilakukan pengecekan apakah laptop sudah ke internet dengan melihat pada Control Panel -> Network Connection -> Local Area Connection .



Gambar 3.20 LAN PC

Laptop yang sudah terhubung ke internet secara otomatis akan mendapatkan alamat IP.



Gambar 3.21 LAN PC Result

Laptop yang berhasil terhubung juga bisa melakukan ping ke server google.com

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7601]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

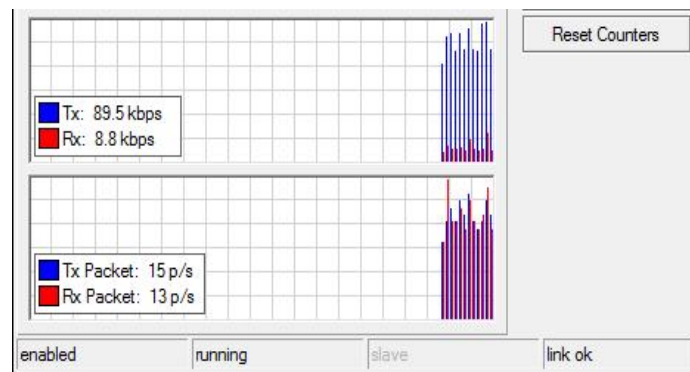
C:\Users\User>ping google.com

Pinging forcesafesearch.google.com [216.239.38.120] with 32 bytes of data:
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=58ms TTL=112
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=56ms TTL=112
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=58ms TTL=112
Reply from 216.239.38.120: bytes=32 time=56ms TTL=112

Ping statistics for 216.239.38.120:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 56ms, Maximum = 58ms, Average = 57ms
  
```

Gambar 3.22 CMD Ping test

Pada winbox juga dapat dilihat trafik internet berjalan pada port yang terhubung dengan laptop sebagai tanda konfigurasi router berhasil.



Gambar 3.23 Router traffic

3.3.2 Konfigurasi *Bandwidth Management* pada Router Mikrotik

Konfigurasi *bandwidth management* pada mikrotik dilakukan melalui program menggunakan bahasa python dengan spesifikasi konfigurasi sebagai berikut.

1. Koneksi ke router mikrotik

Berikut ini script untuk melakukan koneksi ke router mikrotik yang telah diberikan IP address.

```
# koneksi ke router Mikrotik
ssh_client = paramiko.SSHClient()
ssh_client.set_missing_host_key_policy(paramiko.AutoAddPolicy())
ssh_client.connect('192.168.10.1', port=22, username='admin', \
                  password='admin')

print('berhasil login ke mikrotik')
```

Gambar 3.24 script koneksi router

2. Penambahan packet data pada Router Mikrotik

Penambahan paket data pada router mikrotik dilakukan setelah sudah berhasil terhubung dengan router dengan menandai paket data yang nantinya akan diberikan peringkat prioritas penggunaan bandwidth. Terdapat delapan paket yang harus ditambahkan yaitu.

- paket zoom untuk download menggunakan UDP

- paket zoom untuk download menggunakan TCP
- paket zoom untuk upload menggunakan UDP
- paket zoom untuk upload menggunakan TCP
- paket selain zoom untuk download menggunakan UDP
- paket selain zoom untuk download menggunakan TCP
- paket selain zoom untuk upload menggunakan UDP
- paket selain zoom untuk upload menggunakan TCP

Penandaan paket data membutuhkan informasi alamat IP dan port yang digunakan oleh aplikasi zoom untuk menjalankan video conference. Informasi yang didapatkan melalui website *official* aplikasi Zoom, bahwa zoom ini menggunakan 2 protokol yaitu UDP dan TCP menggunakan port 443, 80, 5090, 3479, 8801-8810, dan 5091. Port serta protokol itu kemudian digunakan untuk mengenali lalu lintas data yang menuju ke server aplikasi zoom. Cara selain menggunakan port serta protokol, lalu lintas dapat dilihat menggunakan IP yang digunakan zoom.

3. Menambah list alamat IP server zoom

Alamat IP ditambahkan dengan cara menambahkan script list alamat IP melalui terminal winbox. Berikut ini daftar alamat IP server zoom yang dapat digunakan untuk menangkap traffic menuju server zoom.

```

/ip firewall address-list
add address=3.7.35.0/25 list=zoom_ip
add address=3.21.137.128/25 list=zoom_ip
add address=3.22.11.0/24 list=zoom_ip
add address=3.23.93.0/24 list=zoom_ip
add address=3.96.19.0/24 list=zoom_ip
add address=3.101.32.128/25 list=zoom_ip
add address=3.101.52.0/25 list=zoom_ip
add address=3.25.42.0/25 list=zoom_ip
add address=3.25.41.128/25 list=zoom_ip
add address=3.25.49.0/24 list=zoom_ip
add address=3.80.20.128/25 list=zoom_ip
add address=3.104.34.128/25 list=zoom_ip
add address=3.120.121.0/25 list=zoom_ip
add address=3.127.194.128/25 list=zoom_ip
add address=3.208.72.0/25 list=zoom_ip
add address=3.211.241.0/25 list=zoom_ip
add address=3.235.69.0/25 list=zoom_ip
add address=3.235.82.0/23 list=zoom_ip
add address=3.235.96.0/23 list=zoom_ip
add address=4.34.125.128/25 list=zoom_ip
add address=3.235.71.128/25 list=zoom_ip
add address=3.235.72.128/25 list=zoom_ip
add address=3.235.73.0/25 list=zoom_ip
add address=4.35.64.128/25 list=zoom_ip
add address=8.5.128.0/23 list=zoom_ip
add address=13.52.6.128/25 list=zoom_ip
add address=13.52.146.0/25 list=zoom_ip
add address=13.114.106.166 list=zoom_ip
add address=109.244.18.0/25 list=zoom_ip
add address=109.244.19.0/24 list=zoom_ip
add address=111.33.181.0/25 list=zoom_ip
add address=115.110.154.192/26 list=zoom_ip
add address=115.114.56.192/26 list=zoom_ip
add address=115.114.115.0/26 list=zoom_ip
add address=115.114.131.0/26 list=zoom_ip
add address=120.29.148.0/24 list=zoom_ip
add address=140.238.128.0/24 list=zoom_ip
add address=147.124.96.0/19 list=zoom_ip
add address=149.137.0.0/17 list=zoom_ip
add address=152.67.20.0/24 list=zoom_ip
add address=152.67.118.0/24 list=zoom_ip
add address=152.67.180.0/24 list=zoom_ip
add address=158.101.64.0/24 list=zoom_ip
add address=160.1.56.128/25 list=zoom_ip
add address=161.189.199.0/25 list=zoom_ip
add address=161.199.136.0/22 list=zoom_ip
add address=162.12.232.0/22 list=zoom_ip
add address=162.255.36.0/22 list=zoom_ip
add address=165.254.88.0/23 list=zoom_ip
add address=168.138.16.0/24 list=zoom_ip
add address=168.138.48.0/24 list=zoom_ip
add address=168.138.72.0/24 list=zoom_ip
add address=168.138.244.0/24 list=zoom_ip
add address=173.231.80.0/20 list=zoom_ip
add address=192.204.12.0/22 list=zoom_ip
add address=193.122.32.0/22 list=zoom_ip
add address=193.123.0.0/19 list=zoom_ip

```

Gambar 3.25 Ip Address List

Setelah ditambahkan, alamat IP harus di kroscek lagi menggunakan menu IP terus Firewall kemudian Address Lists, untuk mengetahui jika input alamat IP sudah berhasil. Jika input berhasil maka ada daftar IP server zoom yang bernama zoom_ip seperti ditunjukkan pada gambar 3.25.

Name	Address	Creation Time
zoom_ip	221.123.139.192/27	Jun/29/2020 15:19:47
zoom_ip	221.122.89.128/25	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	221.122.88.128/25	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	221.122.88.64/27	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	213.244.140.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	213.19.153.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	213.19.144.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	210.57.55.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	209.9.215.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	209.9.211.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	207.226.132.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	204.141.28.0/22	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	204.80.104.0/21	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	202.177.213.96/27	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	202.177.207.128/27	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	198.251.128.0/17	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	193.123.128.0/19	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	193.123.40.0/22	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	193.123.0.0/19	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	193.122.32.0/22	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	192.204.12.0/22	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	173.231.80.0/20	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	168.138.244.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	168.138.72.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	168.138.48.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	168.138.16.0/24	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	165.254.88.0/23	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	162.255.36.0/22	Jun/29/2020 15:19:10
zoom_ip	162.12.232.0/22	Jun/29/2020 15:19:10

Gambar 3.26 Zoom ip lists

Tidak semua alamat IP server zoom ada pada list yang telah ditambahkan tadi. Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu ditambahkan aturan mangle berdasar port yang dilalui data aplikasi zoom dengan menggunakan script berikut.

```

stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add chain=prerouting dst-address-list=!zoom_ip\
dst-port=3478,3479,5090,5091,8801-8810 protocol=tcp\
action=add-dst-to-address-list address-list=zoom_ip'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add chain=prerouting dst-address-list=!zoom_ip\
dst-port=3478,3479,5090,5091,8801-8810 protocol=udp\
action=add-dst-to-address-list address-list=zoom_ip'
)

```

Gambar 3.27 Script address zoom

Script diatas akan menambahkan alamat IP yang belum terdaftar pada Address-Lists ip zoom dan akan menambahkan secara otomatis jika ada sambungan baru dari zoom (Mikrotik, 2020).

4. Menambah rule mangle untuk menandai paket zoom download UDP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari port aplikasi zoom menuju ke client (download) dengan menggunakan protokol UDP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut script yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    src-address-list=zoom_ip new-packet-mark="zoom_down_udp"\
    passthrough=yes protocol=udp src-port=3478,3479,5090,5091,8801,8802\
    dst-address=7.7.7.0/24 comment="zoom down udp"'
)
```

Gambar 3.28 Script zoom download udp

5. Menambah rule mangle untuk paket zoom upload UDP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari client menuju port aplikasi zoom (upload) dengan menggunakan protokol UDP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut script yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    dst-address-list=zoom_ip new-packet-mark="zoom_up_udp"\
    passthrough=yes protocol=udp dst-port=3478,3479,5090,5091,8801,8802\
    src-address=7.7.7.0/24 comment="zoom up udp"'
)
```

Gambar 3.29 Script zoom upload udp

6. Menambah rule mangle untuk paket zoom download TCP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari port aplikasi zoom menuju ke client (download) dengan menggunakan protokol TCP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut script yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    src-address-list=zoom_ip new-packet-mark="zoom_down_tcp"\
    passthrough=yes protocol=tcp src-port=3478,3479,5090,5091,8801,8802\
    dst-address=7.7.7.0/24 comment="zoom down tcp"
    )
```

Gambar 3.30 Script zoom download tcp

7. Menambah rule mangle untuk paket zoom upload TCP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari client menuju port aplikasi zoom (upload) dengan menggunakan protokol TCP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut command yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    dst-address-list=zoom_ip new-packet-mark="zoom_up_tcp"\
    passthrough=yes protocol=tcp dst-port=3478,3479,5090,5091,8801,8802\
    src-address=7.7.7.0/24 comment="zoom up tcp"
    )
```

Gambar 3.31 Script zoom upload tcp

8. Menambah rule mangle untuk paket selain zoom download UDP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari port atau alamat IP selain dari aplikasi zoom menuju ke client (download) dengan menggunakan protokol UDP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap

paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut command yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    new-packet-mark="selain_zoom_down_udp" passthrough=yes protocol=udp\
    src-port=!3478,3479,5090,5091,8801,8802 dst-address=7.7.7.0/24\
    comment="selain zoom down udp"'
)
```

Gambar 3.32 Script non zoom download udp

9. Menambah rule mangle untuk paket selain zoom upload UDP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari client menuju port atau alamat IP selain aplikasi zoom (upload) dengan menggunakan protokol UDP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut command yang digunakan.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    new-packet-mark="selain_zoom_up_tcp" passthrough=yes protocol=tcp\
    dst-port=!3478,3479,5090,5091,8801,8802 src-address=7.7.7.0/24\
    comment="selain zoom up tcp"'
)
```

Gambar 3.33 Script non zoom upload udp

10. Menambah rule mangle untuk paket selain zoom download TCP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari port atau alamat IP selain dari aplikasi zoom menuju ke client (download) dengan menggunakan protokol TCP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut command yang digunakan.

```

stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    new-packet-mark="selain_zoom_down_tcp" passthrough=yes protocol=tcp\
    src-port=!3478,3479,5090,5091,8801,8802 dst-address=7.7.7.0/24\
    comment="selain zoom down tcp"'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    new-packet-mark="selain_zoom_down_tcp" passthrough=yes protocol=tcp\
    src-port=!3478,3479,5090,5091,8801,8802 dst-address=7.7.7.0/24\
    comment="selain zoom down tcp"'
)

```

Gambar 3.34 Script non zoom download tcp

11. Menambah rule mangle untuk paket selain zoom upload TCP

Rule mangle melakukan penandaan paket data yang lewat, berasal dari client menuju port atau alamat IP selain aplikasi zoom (upload) dengan menggunakan protokol TCP. Chain yang digunakan adalah forward agar setiap paket data yang melewati router dapat dikenali oleh firewall. Berikut command yang digunakan.

```

stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/ip firewall mangle add action=mark-packet chain=forward\
    new-packet-mark="selain_zoom_up_udp" passthrough=yes protocol=udp\
    dst-port=!3478,3479,5090,5091,8801,8802 src-address=7.7.7.0/24\
    comment="selain zoom up udp"'
)

```

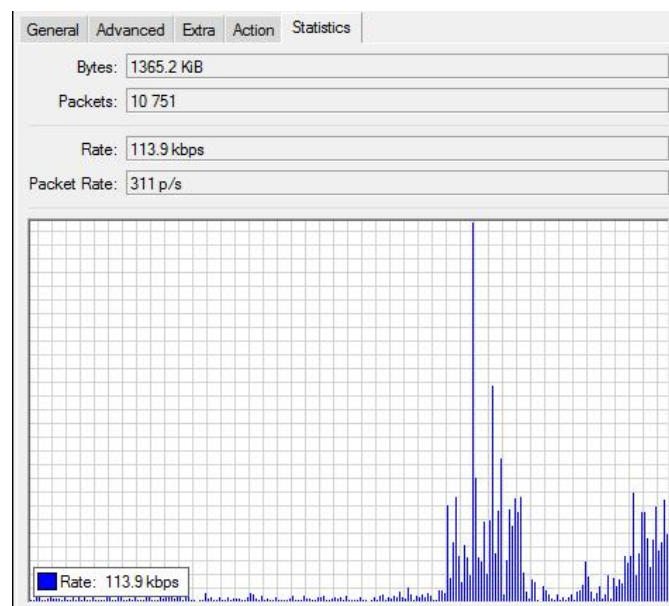
Gambar 3.35 Script non zoom upload tcp

Berikut ini tampilan *ip firewall mangle* pada winbox.

#	Action	Chain	Src. Address	Protocol	Src. Port	Dst. Port	In...	O...	I...	O...	Src. Ad...	Dst. Ad...	Bytes	Packets	Dst. Address
--- add dst to address list ---															
0	add dst to address list	prerouting		6 (tcp)		3478,3479,5090,5091,8801,8810						zoom_ip	0 B	0	
1	add dst to address list	prerouting		17 (udp)		3478,3479,5090,5091,8801,8810						zoom_ip	0 B	0	
--- mark packet ---															
2	mark packet	forward		17 (udp)	3478,3479,5090,5091,8801,8802							zoom_ip	0 B	0	0 7.7.7.0/24
3	mark packet	forward		6 (tcp)	3478,3479,5090,5091,8801,8802							zoom_ip	0 B	0	0 7.7.7.0/24
4	mark packet	forward	7.7.7.0/24	17 (udp)		3478,3479,5090,5091,8801,8802						zoom_ip	0 B	0	
5	mark packet	forward	7.7.7.0/24	6 (tcp)		3478,3479,5090,5091,8801,8802						zoom_ip	0 B	0	
6	mark packet	forward		17 (udp)	13478,3479,5090,5091,8801,8802								0 B	0	0 7.7.7.0/24
7	mark packet	forward		6 (tcp)	13478,3479,5090,5091,8801,8802								0 B	0	0 7.7.7.0/24
8	mark packet	forward	7.7.7.0/24	17 (udp)		13478,3479,5090,5091,8801,8802							0 B	0	
9	mark packet	forward	7.7.7.0/24	6 (tcp)		13478,3479,5090,5091,8801,8802							0 B	0	

Gambar 3.36 Mark packet winbox

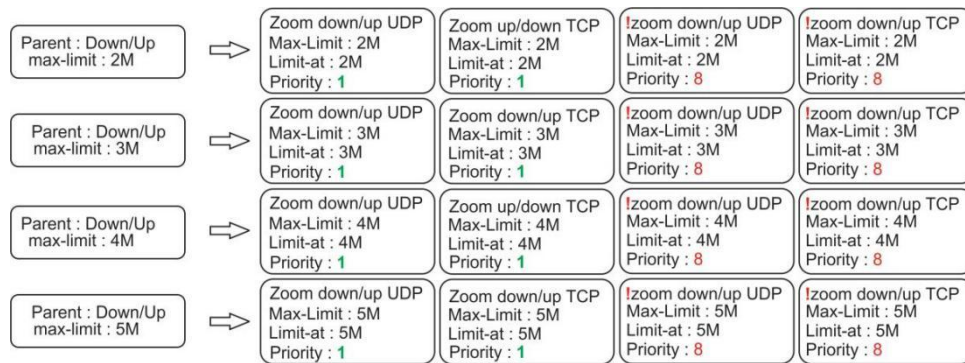
Untuk melihat apakah *mangle* berjalan dengan benar dilakukan test koneksi dengan melihat apakah ada trafik yang berjalan pada mangle, sebagai contoh trafik pada mangle untuk paket selain zoom akan berubah jika digunakan untuk aktivitas menggunakan internet seperti browsing. Berikut tampilan trafik data download untuk selain zoom sebagai tanda mangle sudah berjalan dengan benar.



Gambar 3.37 Trafik data down selain zoom

12. Membuat antrian paket data dengan Queue Tree dan PCQ

Setelah semua paket ditandai, paket data bisa diurutkan prioritasnya dalam penggunaan bandwidth menggunakan Per Connection Queue dengan skenario seperti ditunjukkan gambar 3.38 berikut.



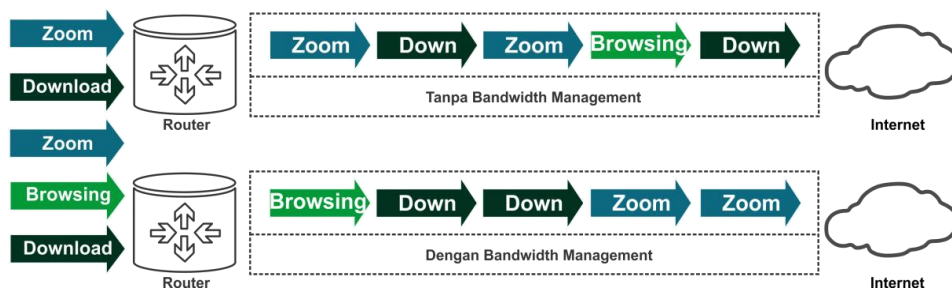
Gambar 3.38 Skenario pengujian

Terdapat 2 parent pada skenario diatas yaitu download dan upload. Parent download untuk mengantriakan paket data download dari zoom dan selain zoom, parent upload untuk mengantriakan paket data upload dari zoom dan selain zoom. Untuk pengujian 5M client ditambah sebanyak 4 perangkat untuk melakukan zoom. Berikut ini script untuk menambahkan antrian pada queue tree.

```
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree> add name=Upload parent=global\
    queue=pcq-upload-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=Download parent=global\
    queue=pcq-download-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)
```

Gambar 3.39 Script parent upload download

Berikut ini ilustrasi antiran paket data ketika diterapkan *bandwdith management* dalam sebuah jaringan komputer.



Gambar 3.40 Ilustrasi bandwidth management

```

# 1. zoom download UDP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=ZoomDown UDP parent=Download\
    packet-mark=zoom_down_udp queue=pcq-download-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)
# 2. zoom download TCP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=ZoomDown TCP parent=Download\
    packet-mark=zoom_down_tcp queue=pcq-download-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)
# 3. zoom upload UDP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=Zoom UDP parent=Upload\
    packet-mark=zoom_up_udp queue=pcq-upload-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)
# 4. zoom upload TCP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=Zoom TCP parent=Upload\
    packet-mark=zoom_up_tcp queue=pcq-upload-default\
    priority=1 max-limit=2M'
)

```

Gambar 3.41 Script antrian paket zoom

```

# 5. non zoom download UDP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=selainZoomDown UDP parent=Download\
    packet-mark=selain_zoom_down_udp queue=pcq-download-default\
    priority=8 max-limit=2M'
)
# 6. non zoom download TCP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=selainZoomDown TCP parent=Download\
    packet-mark=selain_zoom_down_tcp queue=pcq-download-default\
    priority=8 max-limit=2M'
)
# 7. non zoom upload UDP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=selainZoom UDP parent=Upload\
    packet-mark=selain_zoom_up_udp queue=pcq-upload-default\
    priority=8 max-limit=2M'
)
# 8. non zoom upload TCP
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree add name=selainZoom TCP parent=Upload\
    packet-mark=selain_zoom_up_tcp queue=pcq-upload-default\
    priority=8 max-limit=2M'
)

```

Gambar 3.42 Script Antrian paket non zoom

Berikut ini tampilan queue pada winbox.

Name	Parent	Packet Marks	Limit At (bits/s)	Max Limit (bits/s)	Avg. Rate	Queu... Bytes	Packets
global							
QOS Vidconf upload	global				10M 4.6 kbps	0 B 18.2 MiB	114 830
QOS Vidconf upload							
selainZoomUp TCP	QOS Vidconf upload	selain zoom up tcp, ...			10M 0 bps	0 B 4769.1 KiB	6 135
selainZoomUp UDP	QOS Vidconf upload	selain zoom up udp			10M 4.6 kbps	0 B 13.4 MiB	108 343
zoomUp UDP	QOS Vidconf upload	zom up udp, paket...			10M 0 bps	0 B 139.0 KiB	348
zoomUp TCP	QOS Vidconf upload	zoom up tcp, paket...			10M 0 bps	0 B 152 B	3
global							
QOS Vidconf download	global				10M 5.8 Mbps	0 B 1466.8 MiB	2 230 983
QOS Vidconf download							
selainZoomDown TCP	QOS Vidconf download	selain zoom down tc...			10M 1536.3 kbps	0 B 899.5 MiB	1 224 956
selainZoomDown UDP	QOS Vidconf download	selain zoom down udp			10M 488 bps	0 B 129.8 MiB	138 979
zoomDown TCP	QOS Vidconf download	zoom down tcp, pak...			10M 0 bps	0 B 0 B	0
zoomDownUdp	QOS Vidconf download	zoom down udp, pa...			10M 4.3 Mbps	0 B 437.4 MiB	867 037

Gambar 3.43 Tampilan queue tree winbox

Skenario diatas menunjukkan bandwidth yang diberikan untuk paket zoom dan selain zoom adalah sama, yang akan dibedakan adalah pada prioritasnya dimana paket data zoom akan mendapatkan prioritas 1 sedangkan paket data selain zoom akan diberikan prioritas terakhir yaitu 8. berikut ini ilustrasi penggunaan

Pengujian simulasi dilakukan dengan cara 3 perangkat melakukan zoom secara bersamaan menggunakan jaringan yang sama kemudian secara bersamaan 3 perangkat tadi juga melakukan download file dengan ukuran yang cukup besar. Data yang dapat dijadikan parameter antara lain

1. *Delay*
2. *Throughput*
3. *Packet Loss*
4. *Jitter*
5. *Average rate packet marks.*

Hasil dari pengujian management bandwidth menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) akan dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa

menerapkan *bandwidth management* sehingga diketahui pengaruh *bandwidth management* menggunakan metode PCQ terhadap berjalannya *video conference*.

3.4 Implementation

Tahap implementasi dilakukan menggunakan konfigurasi *bandwidth management* yang sama pada tahap simulasi tetapi pada implementasi dilakukan dengan skenario pengujian dalam skala yang lebih besar dengan alokasi bandwidth yang bervariasi mulai dari 2Mb sampai 5Mb, menggunakan koneksi internet Indihome. Berikut script untuk mengubah maximum limit bandwidth sesuai dengan skenario. Maximum limit otomatis berubah sesuai dengan waktu yang ditentukan.

```

stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="Upload","Download","selainZoom TCP",\
    "selainZoom UDP","Zoom TCP","Zoom UDP","selainZoomDown TCP",\
    "selainZoomDown UDP","ZoomDown TCP","ZoomDown UDP"] max-limit=3000000]'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="Upload","Download","selainZoom TCP",\
    "selainZoom UDP","Zoom TCP","Zoom UDP","selainZoomDown TCP",\
    "selainZoomDown UDP","ZoomDown TCP","ZoomDown UDP"] max-limit=4000000]'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="Upload","Download","selainZoom TCP",\
    "selainZoom UDP","Zoom TCP","Zoom UDP","selainZoomDown TCP",\
    "selainZoomDown UDP","ZoomDown TCP","ZoomDown UDP"] max-limit=5000000]'
)
print('berhasil login ke mikrotik')

stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/system scheduler add name="UbahMaxLimit2M" on-event=UbahMaxLimit2M \
    start-date=may/29/2022 start-time=19:50:00 interval=1h'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/system scheduler add name="UbahMaxLimit3M" on-event=UbahMaxLimit3M \
    start-date=may/28/2022 start-time=19:52:00 interval=1h'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/system scheduler add name="UbahMaxLimit4M" on-event=UbahMaxLimit4M \
    start-date=may/28/2022 start-time=19:54:00 interval=1h'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/system scheduler add name="UbahMaxLimit5M" on-event=UbahMaxLimit5M \
    start-date=may/28/2022 start-time=19:56:00 interval=1h'
)

```

Gambar 3.44 Script ubah maximum limit

Kemudian hasil pengujian dengan *bandwidth management* dibandingkan dengan hasil pengujian tanpa *bandwidth management*. Berikut script untuk mengubah prioritas *marks packet*.

```

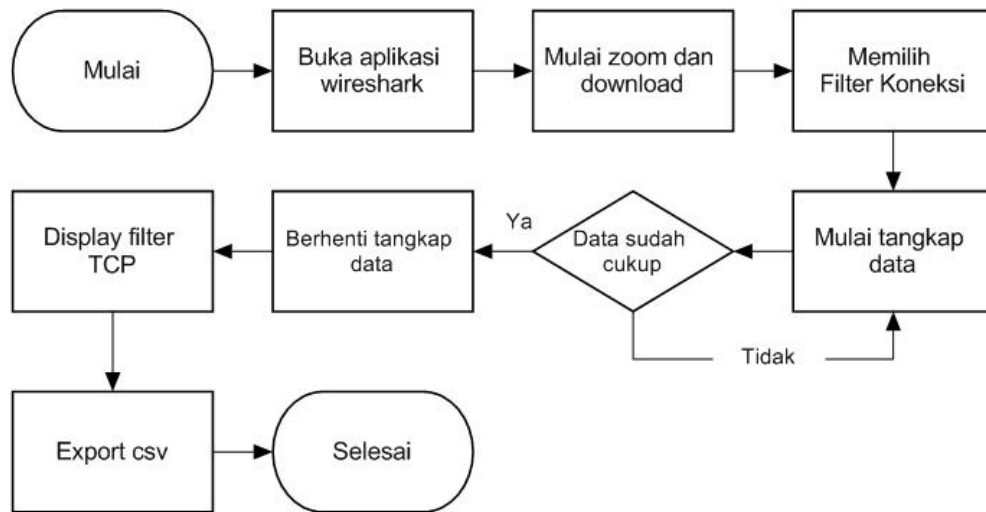
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="Zoom TCP"] priority=8)'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="Zoom UDP"] priority=8)'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="ZoomDown TCP"] priority=8)'
)
stdin, stdout, stderr = ssh_client.exec_command(
    '/queue tree set [find name="ZoomDown UDP"] priority=8)'
)

```

Gambar 3.45 Script ubah prioritas

3.5 Monitoring

Proses pengawasan sudah dimulai pada saat melakukan pengujian pada tahap implementasi yaitu dilakukan pengawasan terhadap *traffic* data pada saat *bandwidth management* berlangsung. Pengawasan dilakukan secara langsung dan tidak langsung. Pengawasan secara langsung dilakukan dengan melihat *traffic queue list* yang tertangkap pada aplikasi winbox, sedangkan pengamatan tidak langsung dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi wireshark yang berfungsi menangkap data selama proses pengujian dilakukan. Berikut diagram *flowchart capture* data menggunakan aplikasi wireshark.



Gambar 3.46 Diagram flowchart capture data wireshark

Data yang berhasil ditangkap oleh aplikasi wireshark harus diolah terlebih dahulu agar dapat diambil nilai *packet loss*, *throughput*, *jitter*, dan *delay*. Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung *QoS paramters* (Hardiman, dkk, 2018).

$$1. \textit{Throughput} = \frac{\text{Jumlah paket yang sampai di penerima}}{\text{Jumlah waktu pengiriman}} \quad (\text{III.1})$$

$$2. \textit{Packet Loss} = \left(\frac{\text{Jumlah paket yang hilang}}{\text{Jumlah paket dikirim}} \right) \times 100\% \quad (\text{III.2})$$

$$3. \textit{Delay} = \frac{\text{Total delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (\text{III.3})$$

$$4. \textit{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket diterima} - 1} \quad (\text{III.4})$$

Untuk mengetahui kualitas QoS yang dihasilkan, hasil perhitungan digolongkan kedalam rentang index 1-4 dimana index 1 bernilai buruk dan 4 bernilai sangat bagus. Berikut ini tabel kategori parameter QoS (Zuqhra dan Rosyid, 2018).

Tabel 3.4 Kategori parameter QoS

Kategori	<i>Packet loss</i>	<i>Delay</i>	<i>Jitter</i>	Indeks
Sangat Bagus	0%-2%	<150 ms	0 ms	4
Bagus	3%-14%	150 s/d 300 ms	0-75 ms	3
Sedang	15%-24%	300 s/d 450 ms	76-125 ms	2
Buruk	25%	>450 ms	125-255 ms	1

Berikut ini tabel kategori *throughput* (Riadi , 2019).

Tabel 3.5 Kategori Throughput

Kategori	<i>Throughput</i>	Indeks
Sangat Bagus	>2,1Mbps	4
Bagus	1200 kbps-2,1 Mbps	3
Sedang	700-1200 kbps	2
Buruk	338 - 700 kbps	1
Sangat Buruk	0 - 338 kbps	0

Data penggunaan bandwidth juga dimonitor melalui pesan yang dikirimkan bot melalui aplikasi telegram. Bot akan mengirimkan data berapa besaran data yang digunakan oleh masing” parent dalam Queue Tree. Berikut script yang ditambahkan pada script list untuk melakukan notifikasi telegram.

```

:local download;
:local upload;
:local bot "5201984536:AAFmAbhkolG4CI4XJgdY3TqGGdiVPqf_GRo";
:local chat "-667464000";
:local tanggal "Tanggal: [/system clock get date] %0A";

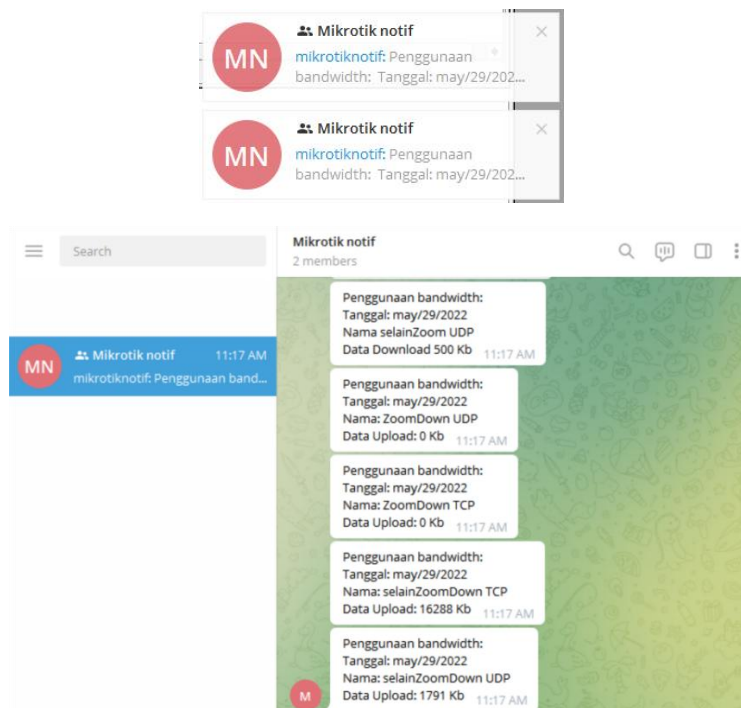
:foreach queue in=[/queue tree find parent="Download"] do={
:local name ("Nama ".[/queue tree get value-name="name" $queue]."%0A")
:local byte [/queue tree get value-name="byte" $queue];
:local byteMB ("Data Download ".($byte / 1024)." Kb%0A")
:set download ($name.$byteMB)
/tool fetch url="https://api.telegram.org/bot$bot/sendmessage\
?chat_id=$chat&text=Penggunaan bandwidth: %0A$tanggal$download" keep-result=no;
}
:if ($byte >= 2000) do = {/tool fetch url="https://api.telegram.org/bot$bot/sendmessage\
?chat_id=$chat&text=Bandwidth Overload" keep-result=no;}

:foreach queueUP in=[/queue tree find parent="Upload"] do={
:local name ("Nama: ".[/queue tree get value-name="name" $queueUP]."%0A")
:local byte [/queue tree get value-name="byte" $queueUP];
:local byteMB ("Data Upload: ".($byte / 1024)." Kb%0A")
:set upload ($name.$byteMB)
/tool fetch url="https://api.telegram.org/bot$bot/sendmessage\
?chat_id=$chat&text=Penggunaan bandwidth: %0A$tanggal$upload" keep-result=no;
}
:if ($byte >= 2000) do = {/tool fetch url="https://api.telegram.org/bot$bot/sendmessage\
?chat_id=$chat&text=Bandwidth Overload" keep-result=no;}

```

Gambar 3.47 Script bot telegram

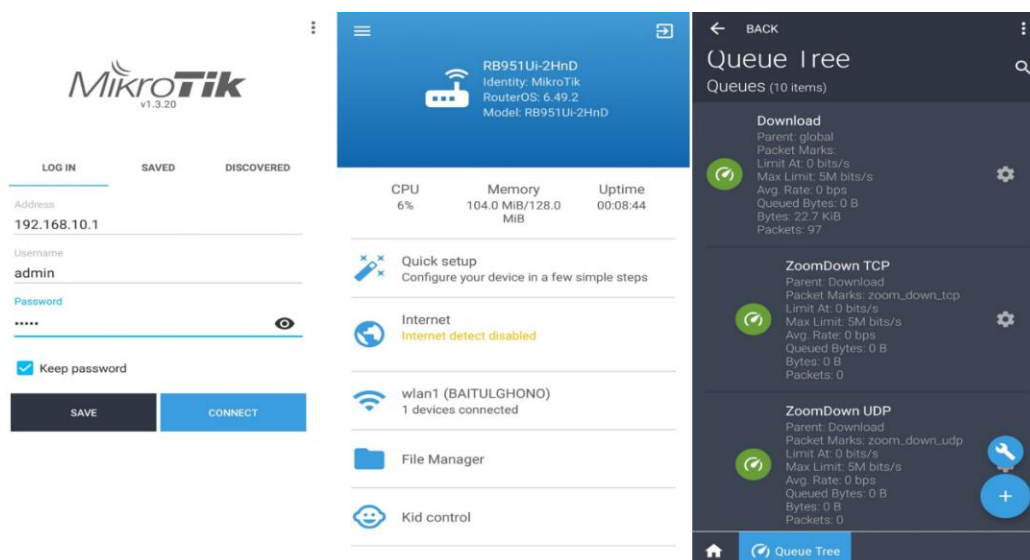
Script diatas dapat dijalankan secara otomatis disesuaikan dengan waktu pengujian sehingga monitor bisa dilakukan ketika pengujian berlangsung. Berikut ini tampilan chatbot notifikasi pada aplikasi telegram ketika script berjalan.



Gambar 3.48 Tampilan notifikasi bot telegram

Selain menggunakan Laptop, konfigurasi *bandwidth management* pada router mikrotik bisa dilakukan melalui Smartphone. Konfigurasi melalui perangkat android dilakukan menggunakan bantuan aplikasi MikroTik Pro yang bisa diunduh secara gratis di google playstore. Berikut tahapan monitoring router mikrotik melalui device android.

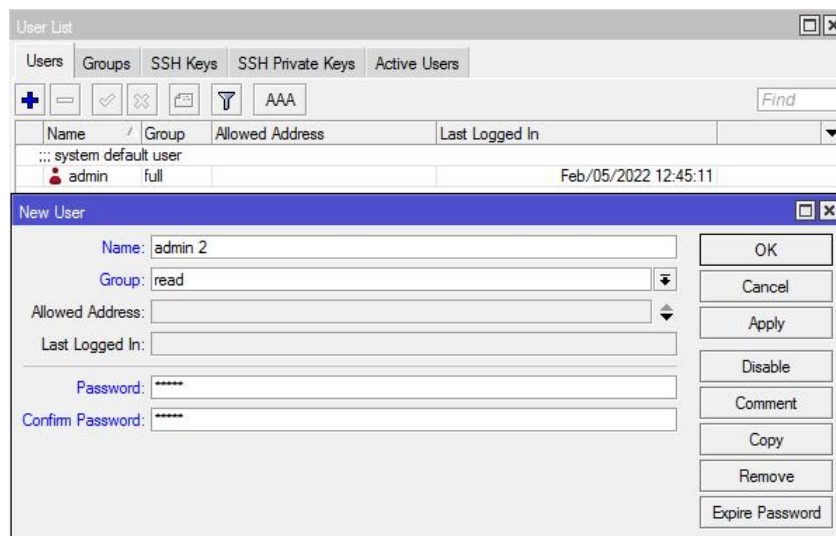
1. Router mikrotik dan smartphone berada pada jaringan yang sama.
2. Kemudian konek ke router dengan memasukkan IP address router, username, dan password yang sama dengan yang digunakan pada aplikasi winbox.
3. Ketika smartphone sudah berhasil terhubung dengan router, konfigurasi *bandwidth management* yang sudah ditambahkan pada aplikasi winbox dapat diakses melalui smartphone. Berikut ini tampilan aplikasi MikroTik pada device android.



Gambar 3.49 Tampilan aplikasi MikroTik

3.6 Management

Tahap manajemen meliputi pemeliharaan, perawatan serta pengelolaan sistem yang telah dibangun. Pengelolaan sistem meliputi penambahan admin dan pembaruan *password* admin ataupun pengubahan hak akses admin melalui *user list* pada aplikasi winbox.



Gambar 3.50 Menu user list winbox

Dilakukan juga penyesuaian batasan *bandwidth* sesuai dengan kebutuhan *user*, serta *update* perangkat lunak yang digunakan. Pengelolaan sistem diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam pengembangan sistem di waktu yang akan datang.

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

Penulis akan menjelaskan hasil dari uji coba yang dilakukan pada tahap simulasi dan uji coba pada tahap implementasi. Uji coba dilakukan berdasarkan pada tahap-tahap yang sudah dijelaskan pada bab 3 yang mana bertujuan untuk membandingkan kualitas video conference melalui aplikasi zoom yang menerapkan *bandwidth management* menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) dengan yang tidak menerapkan *bandwidth management*. Dilakukannya tahap-tahap pengujian tersebut akan menghasilkan nilai hasil uji coba yang akan diolah untuk menjawab pertanyaan masalah pada bab 1. Adapun pada uji coba ini akan dicari nilai *delay*, *throughput*, *packet loss*, *jitter* serta *average rate* data pada *packet mark* zoom dan *packet mark* selain zoom yang ditunjukkan oleh *queue tree* aplikasi winbox pada saat pengujian berlangsung. Setelah didapatkan hasilnya maka akan diketahui nilai dari *Quality of Service* (QoS) dengan *bandwidth management* menggunakan metode PCQ dan tanpa *bandwidth management* sehingga dapat diketahui pengaruh *bandwidth management* dengan metode PCQ dalam meningkatkan kualitas *video conference* menggunakan aplikasi zoom.

4.1 Uji Coba Tahap Simulasi

Bab ini memuat langkah – langkah dan hasil uji coba serta analisis hasil uji coba yang sifatnya terpadu dan saling terkait.

Hasil uji coba sedapat-dapatnya disajikan dalam bentuk daftar (tabel), grafik, foto atau - bentuk lain. Pada bab ini sebaiknya dikemukakan bahwa hasil penelitian dapat dijumpai pada tabel atau gambar yang nomornya disebutkan secara jelas.

4.1.1 Skenario Uji Coba

Tahap-tahap pengujian yang dilaksanakan pada tahap simulasi adalah berikut ini:

1. Perangkat dihubungkan sesuai dengan topologi jaringan yang sudah dirancang sebelumnya.
2. Perangkat yang terhubung pada jaringan melakukan zoom dan streaming video melalui vidio.com secara bersamaan. Perangkat yang digunakan berjumlah 3 buah.
3. Memantau dan merekam nilai *average rate* data pada *packet mark zoom* dan *packet mark* selain zoom melalui aplikasi *winbox* untuk melihat apakah *management bandwidth* sudah berjalan dengan baik.

4.1.2 Hasil Uji Coba

Hasil uji coba menunjukkan perbandingan nilai *average rate packet mark* antara pengujian menggunakan *bandwidth management* dan tanpa menggunakan *bandwidth management*. Hasil uji coba *average rate packet mark* diambil langsung melalui *traffic* yang terekam oleh *queue list* pada aplikasi *winbox*. Berikut ini hasil capture *average rate traffic* pada *queue list* aplikasi *winbox* metode *Per Connection Queue*.

- global				10M	640 bps	0 B	35.0 MB	82 947
QOS Vidconf upload	global							
- QOS Vidconf upload								
selainZoomUp TCP	QOS Vidconf upload	selain zoom up tcp, paket-browsing		10M	0 bps	0 B	5.9 MB	13 121
selainZoomUp UDP	QOS Vidconf upload	selain zoom up udp		10M	640 bps	0 B	3275.4 KB	14 721
zoomUp UDP	QOS Vidconf upload	zom up udp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	21.5 MB	43 982
zoomUp TCP	QOS Vidconf upload	zoom up tcp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	4043.3 KB	9 796
- global				10M	7.5 Mbps	0 B	1281.8 MB	2 272 266
QOS Vidconf download	global							
- QOS Vidconf download								
selainZoomDown TCP	QOS Vidconf download	selain zoom down tcp, paket-browsing		10M	1053.2 kbps	0 B	204.5 MB	356 518
selainZoomDown UDP	QOS Vidconf download	selain zoom down udp		10M	1920 bps	0 B	6.3 MB	17 088
zoomDown TCP	QOS Vidconf download	zoom down tcp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	36.9 MB	75 641
zoomDownUdp	QOS Vidconf download	zoom down udp, paket_zoom		10M	6.5 Mbps	0 B	1033.9 MB	1 822 483

Gambar 4.1 Capture data winbox dengan PCQ

Tabel 4.1 Average rate metode PCQ

Packet Marks	Average rate (Mb/s)
Paket selain zoom	1
Paket zoom	6,5

Berikut ini hasil capture *average rate traffic* pada *queue list* aplikasi winbox tanpa *bandwidth management*.

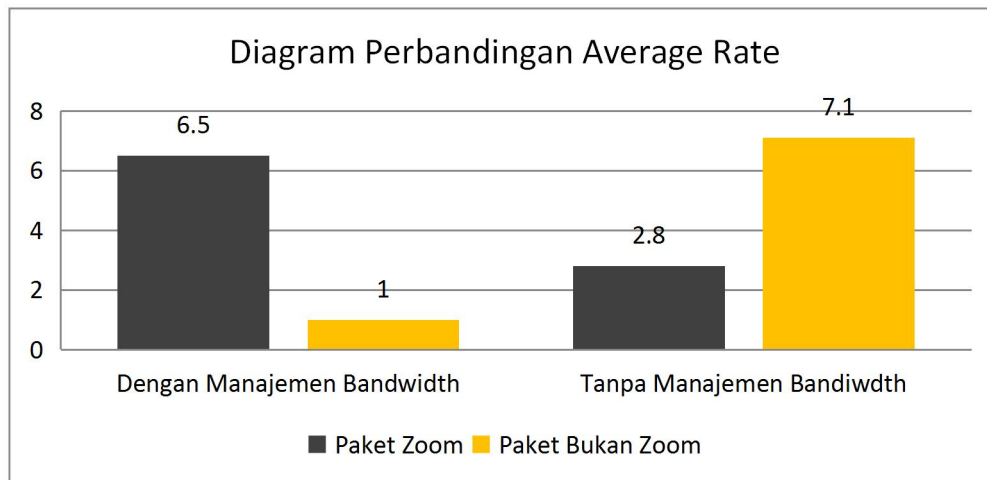
- global				10M	712 bps	0 B	143.7 KB	899
QOS Vidconf upload	global							
- QOS Vidconf upload								
selainZoomUp TCP	QOS Vidconf upload	selain zoom up tcp, paket-browsing		10M	0 bps	0 B	0 B	0
selainZoomUp UDP	QOS Vidconf upload	selain zoom up udp		10M	712 bps	0 B	143.7 KB	899
zoomUp UDP	QOS Vidconf upload	zom up udp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	0 B	0
zoomUp TCP	QOS Vidconf upload	zoom up tcp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	0 B	0
- global				10M	10.0 Mbps	0 B	166.9 MB	240 129
QOS Vidconf download	global							
- QOS Vidconf download								
selainZoomDown TCP	QOS Vidconf download	selain zoom down tcp, paket-browsing		10M	7.1 Mbps	173.8...	103.5 MB	130 118
selainZoomDown UDP	QOS Vidconf download	selain zoom down udp		10M	1328 bps	0 B	247.2 KB	993
zoomDown TCP	QOS Vidconf download	zoom down tcp, paket_zoom		10M	2.8 Mbps	15.7...	63.2 MB	109 104
zoomDownUdp	QOS Vidconf download	zoom down udp, paket_zoom		10M	0 bps	0 B	0 B	0

Gambar 4.2 Capture data winbox tanpa PCQ

Tabel 4.2 Average rate tanpa PCQ

Packet Marks	Average rate
Paket selain zoom	7,1 Mb/s
Paket zoom	2,8 Mb/s

Berikut ini diagram perbandingan nilai *average rate packet* dengan yang menggunakan *bandwidth management* metode *PCQ* dengan tanpa *bandwidth management*.



Gambar 4.3 Perbandingan *average rate*

Berdasarkan diagram diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai *average rate* antara paket selain zoom dengan paket zoom, dimana nilai *average rate* paket zoom lebih besar dibandingkan dengan paket selain zoom untuk pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *Per Connection Queue*. Hasil sebaliknya diperoleh untuk pengujian tanpa menggunakan *bandwidth management*. Hal ini menunjukkan bahwa *bandwidth management* sudah dapat berjalan dengan baik untuk melakukan pemeringkatan jaringan zoom pada mikrotik *router os*.

4.2 Uji Coba Tahap Implementasi

Uji coba pada tahap implementasi bertujuan untuk mencari nilai *Quality of Service* dari *bandwidth management* yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode *per connection queue* sebagai pemeringkat *traffic* jaringan dan yang tidak menerapkan *bandwidth management*. Nilai yang dicari adalah nilai *Throughput, Packetloss, Delay, Jitter* serta *Average rate packet marks*.

4.2.1 Skenario Uji Coba

Tahap-tahap uji coba yang dilakukan pada tahap implementasi adalah sebagai berikut:

1. Perangkat yang terhubung pada jaringan melakukan zoom dan download file berukuran besar secara bersamaan. Perangkat yang digunakan berjumlah 3 buah laptop.
2. *Traffic* data pada saat zoom berlangsung direkam menggunakan aplikasi *wireshark* dan *winbox*. Pengujian dan rekam data *wireshark* dilakukan dengan *limit bandwidth* yang berbeda-beda yaitu 2Mb, 3Mb, 4Mb, dan 5Mb. Setiap *bandwidth* diambil data sebanyak 4-5 kali untuk setiap konfigurasi yang digunakan. Rekam data melalui *wireshark* dilakukan dalam rentang waktu kurang lebih 1 menit untuk setiap pengambilan data pengujian.
3. Menghitung nilai *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* tiap pengujian baik yang menggunakan metode *PCQ* maupun dengan tanpa *bandwidth management*. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus yang ada pada bab 3 penelitian.
4. Mencari nilai *average rate* data pada *packet mark zoom* dan *packet mark* selain zoom melalui aplikasi *winbox*.
5. Menghitung nilai rata-rata dari hasil tiap pengujian dan membandingkan nilai dari setiap pengujian sehingga dapat diketahui pengaruh penerapan *bandwidth management* dalam meningkatkan kualitas *video conference*.

4.2.2 Hasil Uji Coba

Hasil uji coba yang dilakukan pada tahap implementasi menghasilkan perbandingan nilai dari setiap parameter pengujian *Quality of Service*. Berikut ini hasil *capture data management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* melalui aplikasi *wireshark*.

4.2.2.1 Pengujian dengan *bandwidth limit 2Mb*

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 2Mb.

Tabel 4.3 *Throughput PCQ 2Mb*

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	7924970	60.864	1041
2	8096925	60.471	1071
3	8588245	62.903	1092
4	6993029	50.653	1104
5	7290657	52.312	1114
Rata-rata <i>Throughput</i>			1084.4

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 2Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1084.4Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* tanpa *management bandwidth* dengan limit 2Mb.

Tabel 4.4 *Throughput* tanpa *PCQ* 2Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	1891355	30.937	489
2	2779102	41.826	531
3	8304455	51.188	1297
4	8369702	51.157	1308
5	8361004	50.990	1311
Rata-rata <i>Throughput</i>			987.2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 2Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 987.2Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue*.

Tabel 4.5 *Packet Loss PCQ* 2Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	Packet Loss (%)
1	7176	3	0
2	8125	0	0
3	6008	1	0
4	7414	5	0.1
5	8369	5	0.1
Rata-rata <i>Packet loss</i>			0.04

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 2Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 0.04%.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 2Mb.

Tabel 4.6 *Packet Loss* tanpa *PCQ* 2Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss</i> (%)
1	8403	36	0.4
2	9332	36	0.4
3	9214	42	0.5
4	9186	185	2
5	3596	236	6.6
Rata-rata <i>Packet loss</i>			1.98

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 2Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 1,98 %.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 2Mb.

Tabel 4.7 *Delay PCQ* 2Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	33.11243	5108	6.482465
2	62.361328	9072	6.874044
3	49.952319	7173	6.963937
4	52.20582	7409	7.046271
5	59.543408	8364	7.119011
Rata-rata <i>Delay</i>			6.8971456

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 2Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 6.8971456 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 2Mb.

Tabel 4.8 *Delay* tanpa *PCQ* 2Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	54.489335	9172	5.940835
2	50.982147	8367	6.093241
3	51.156503	8381	6.103866
4	50.98856	8301	6.14246
5	41.825582	3360	12.44809
Rata-rata <i>Delay</i>			7.3456984

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 2Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 7.3456984 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 2Mb.

Tabel 4.9 *Jitter PCQ 2Mb*

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	33.106191	5108	6.481243
2	62.42052	9072	6.880569
3	51.831512	7409	6.99575
4	59.549315	8364	7.119717
5	50.044419	9507	7.313228
Rata-rata <i>Jitter</i>			6.9581014

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit 2Mb* memiliki nilai rata-rata *jitter* 6.9581014 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* tanpa *management bandwidth* dengan *limit 2Mb*.

Tabel 4.10 *Jitter tanpa PCQ*

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	54.518622	9172	5.944028
2	51.004575	8367	6.095921
3	51.145097	8381	6.102505
4	50.866159	8301	6.127715
5	41.855845	3360	12.4571
Rata-rata <i>Jitter</i>			7.3454532

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit 2Mb* memiliki nilai rata-rata *jitter* 7.3454532 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit 2Mb*.

Tabel 4.11 *Average rate PCQ 2Mb*

No	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	1934	45
2	1543	100
3	1708	271
4	1751	72
5	1748	44
Rata-rata	1736.8	106.4

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit 2Mb* memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 1736.8 kb/s dan untuk paket selain zoom 106.4 kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket tanpa *management bandwidth* dengan *limit 2Mb*.

Tabel 4.12 *Average rate tanpa PCQ 2Mb*

No	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	611	1468
2	714	1305
3	706	1313
4	722	1226
Rata-rata	688.25	1328

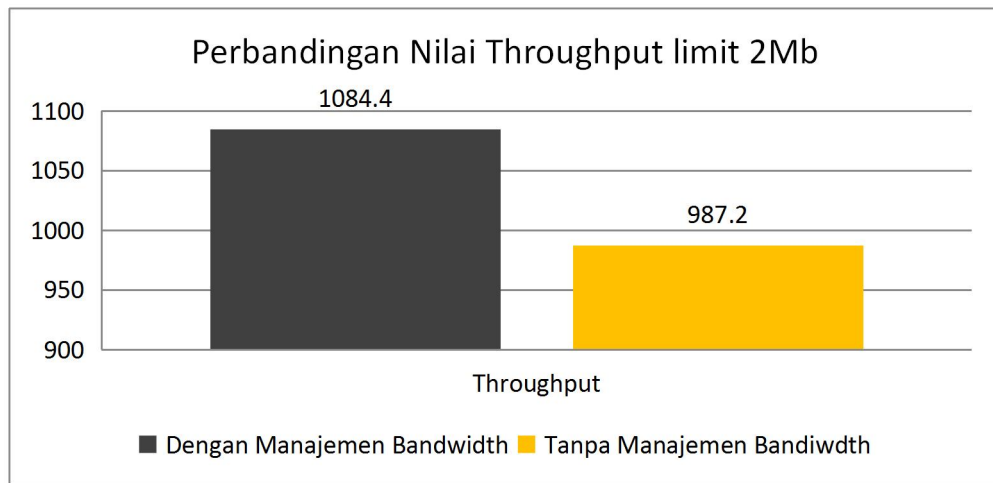
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 2Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 688.25 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 1328 kb/s.

Berikut ini tabel perbandingan rata-rata setiap parameter pengujian menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan *limit* 2Mb.

Tabel 4.13 Perbandingan nilai rata-rata pengujian 2 Mb

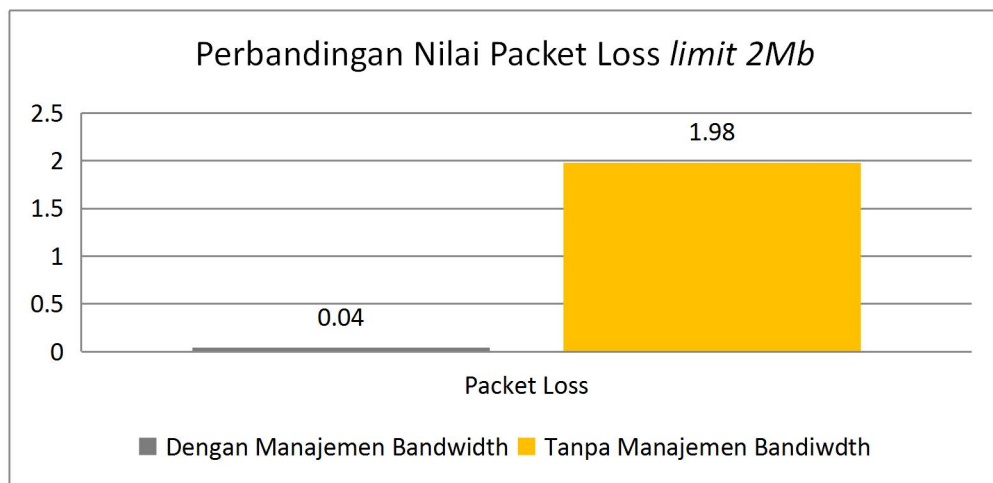
Jenis Pengujian	<i>Throghput</i> (kb/s)	<i>Packet drop</i> (%)	<i>Delay.</i> (ms)	<i>Jitter</i> (ms)	<i>Average rate</i> (kb/s)	
					Paket zoom	Paket selain zoom
Dengan <i>bandwidth management</i>	1084.4	0.04	6.89	6.95	1736.8	106.4
Indeks	2	4	4	4		
Tanpa <i>bandwidth management</i>	987.2	1.98	7.34	7.34	688.25	1328
Indeks	2	4	4	4		

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai rata-rata dari masing-masing parameter uji coba menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan *limit* 2Mb.



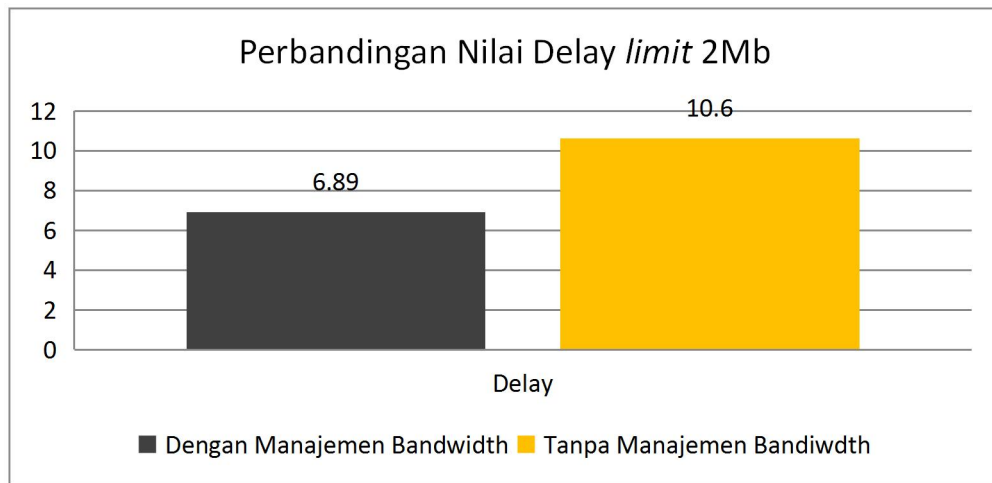
Gambar 4.4 Perbandingan *throughput* 2Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *throughput* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding *throughput* tanpa manajemen *bandwidth*.



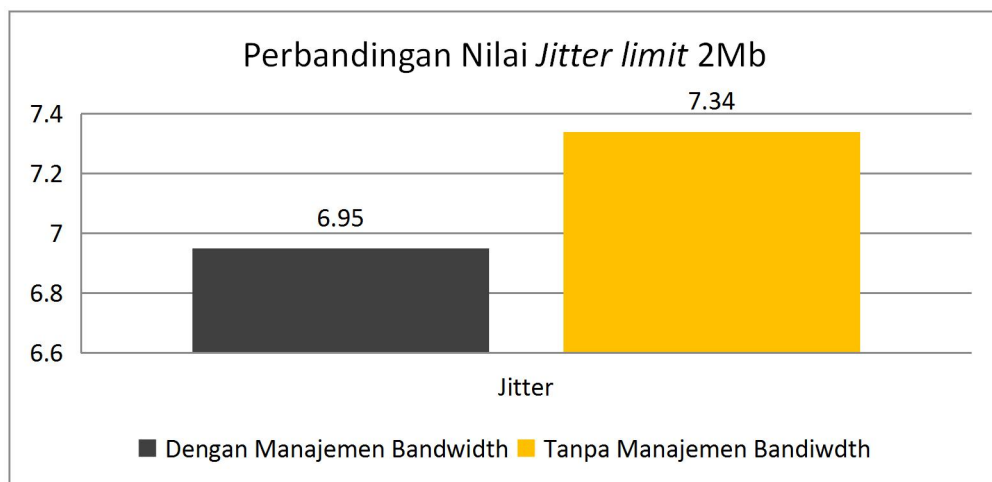
Gambar 4.5 Perbandingan *Packet loss* 2Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *packet loss* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *packet loss* tanpa manajemen *bandwidth*.



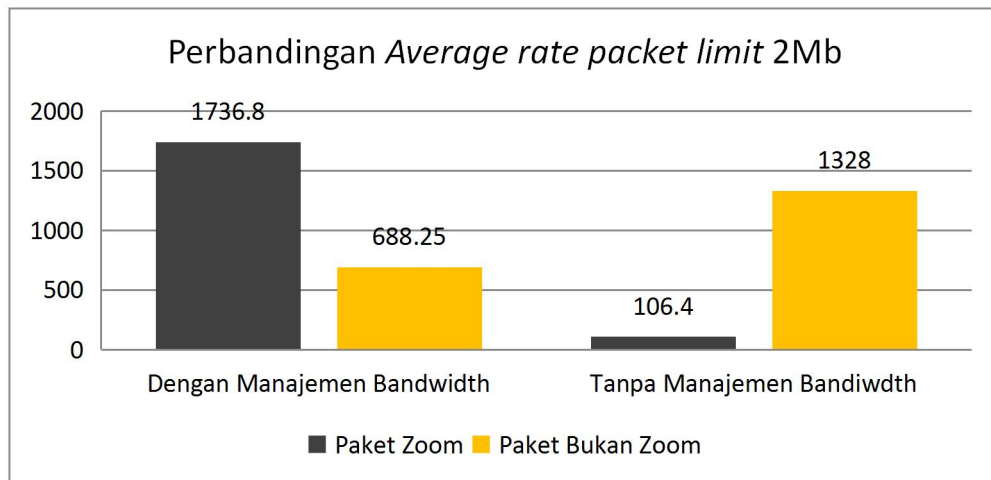
Gambar 4.6 Perbandingan delay limit 2Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *delay* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.7 Perbandingan Jitter 2Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *jitter* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.8 Perbandingan Average rate 2Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *average rate* paket zoom menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding nilai *average rate* paket zoom tanpa manajemen *bandwidth*.

4.2.2.2 Pengujian dengan *bandwidth limit 3Mb*

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 3Mb.

Tabel 4.14 *Throughput* metode PCQ 3Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	7159610	45.531	1257
2	9751445	61.386	1270
3	6527023	40.357	1293
4	8732975	51.291	1362
5	10463863	60.776	1377
Rata-rata <i>Throughput</i>			1311.8

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 3Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1311.8 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* tanpa *management bandwidth* dengan limit 3Mb.

Tabel 4.15 *Throughput* tanpa PCQ 3Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	7496767	46.982	1276
2	17273032	103.964	1329
3	7014535	40.789	1375
4	10934528	63.337	1381
5	8885092	51.300	1385
Rata-rata <i>Throughput</i>			1349.2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 3Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1349.2 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue*.

Tabel 4.16 *Packet Loss* PCQ 3Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss (%)</i>
1	6833	1	0
2	8342	10	0.1
3	7161	17	0.2
4	8301	15	0.2
5	5220	11	0.2
Rata-rata <i>Packet loss</i>			0.14

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 0.14%.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.17 *Packet Loss* tanpa PCQ 3Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss (%)</i>
1	9199	23	0.3
2	9433	40	0.4
3	9149	36	0.4
4	7624	28	0.4
5	7357	60	0.8
Rata-rata <i>Packet loss</i>			0.46

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 0,46 %.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.18 *Delay* PCQ 3Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	60.838415	11153	5.454892
2	50.342568	8762	5.745557
3	60.413608	10314	5.857437
4	40.261655	6665	6.040758
5	53.215878	8394	6.339752
Rata-rata <i>Delay</i>			5.8876792

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 3Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 5.8876792 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.19 *Delay* tanpa PCQ 3Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	51.842502	9393	5.51927
2	40.770725	7297	5.587327
3	51.138624	9113	5.611612
4	103.065486	18220	5.656723
5	62.511056	10787	5.795036
Rata-rata <i>Delay</i>			5.6339936

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 3Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 5.6339936 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.20 *Jitter* PCQ 3Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	60.365112	11013	5.48126
2	50.151491	8762	5.723749
3	61.690534	10314	5.981242
4	40.261938	6665	6.040801
5	53.138032	8394	6.330478
Rata-rata <i>Jitter</i>			5.911506

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 5.911506 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.21 *Jitter* tanpa PCQ 3Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	51.852796	9393	5.520366
2	40.782387	7297	5.588925
3	51.1751	9113	5.615615
4	103.074557	18220	5.65722
5	62.516849	10787	5.795573
Rata-rata <i>Jitter</i>			5.6355398

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 5.6355398 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.22 *Average rate* tanpa PCQ 3Mb

No Uji	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	2600	385.4
2	2300	644.6
3	2700	57.8
4	2600	55.6
5	1990	22
Rata-rata	2438	233.08

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-

rata *average rate* paket zoom 2438 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 233.08 kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.23 *Average rate* tanpa PCQ 3Mb

No Uji	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	728	2300
2	942	2000
3	691	2200
4	699	2300
5	880	2000
Rata-rata	788	2160

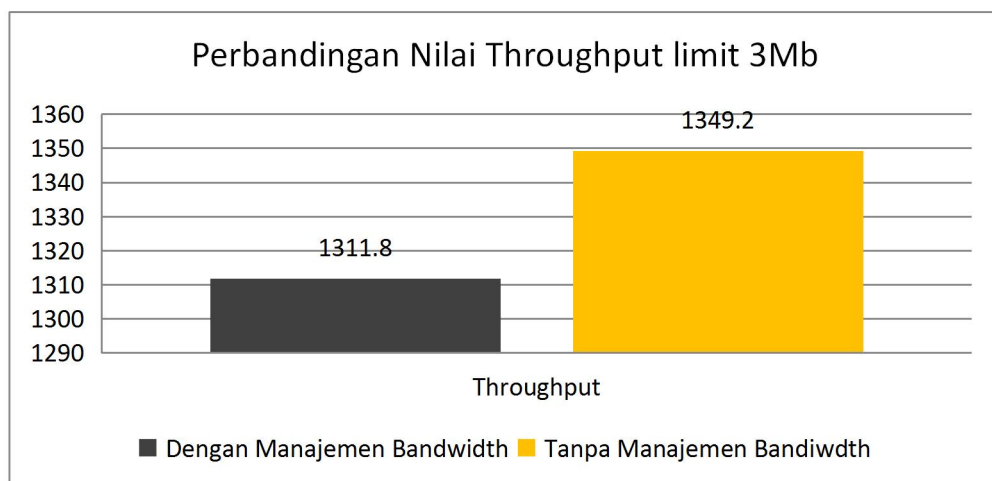
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 3Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 788 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 2160 kb/s.

Berikut ini tabel perbandingan rata-rata setiap parameter pengujian menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan *limit* 3Mb.

Tabel 4.24 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limit 3Mb

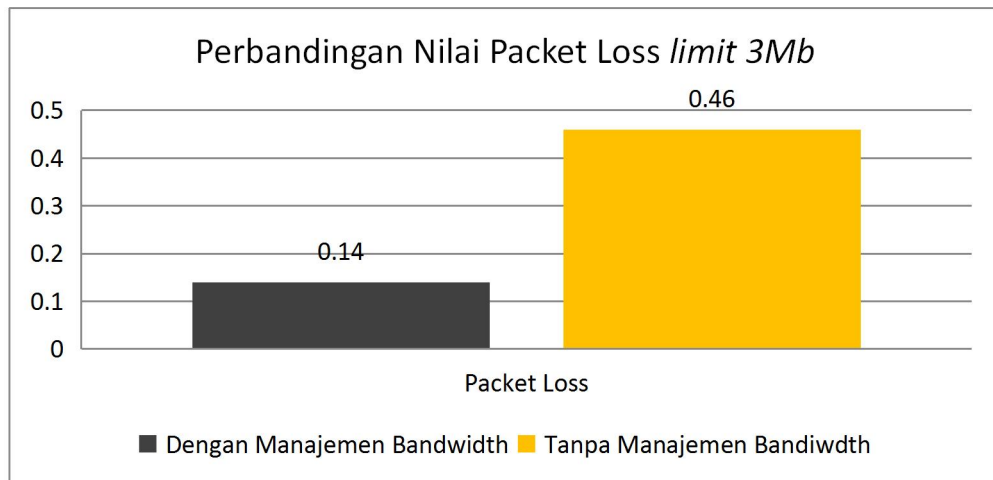
Jenis Pengujian	Throughput (kb/s)	Packet drop (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Average rate (kb/s)	
					Paket zoom	Paket selain zoom
Dengan <i>bandwidth management</i>	1311.8	0.14	5.88	5.91	2438	233.08
Indeks	3	4	4	4		
Tanpa <i>bandwidth management</i>	1349.2	0.46	5.63	5.63	788	2160
Indeks	3	4	4	4		

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai rata-rata dari masing-masing parameter uji coba menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan limit 3Mb.



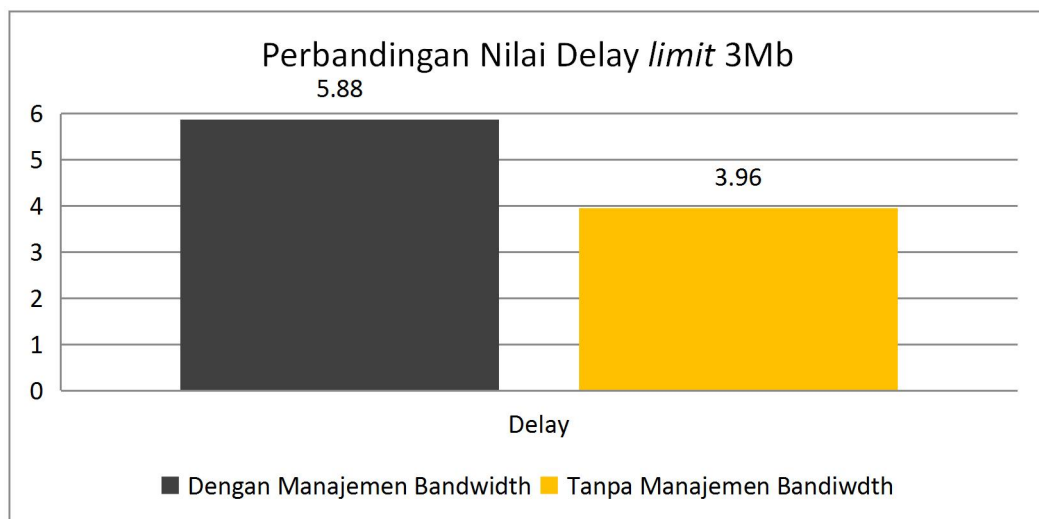
Gambar 4.9 Perbandingan Throughput limit 3Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *throughput* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih kecil dibanding *throughput* tanpa manajemen *bandwidth*.



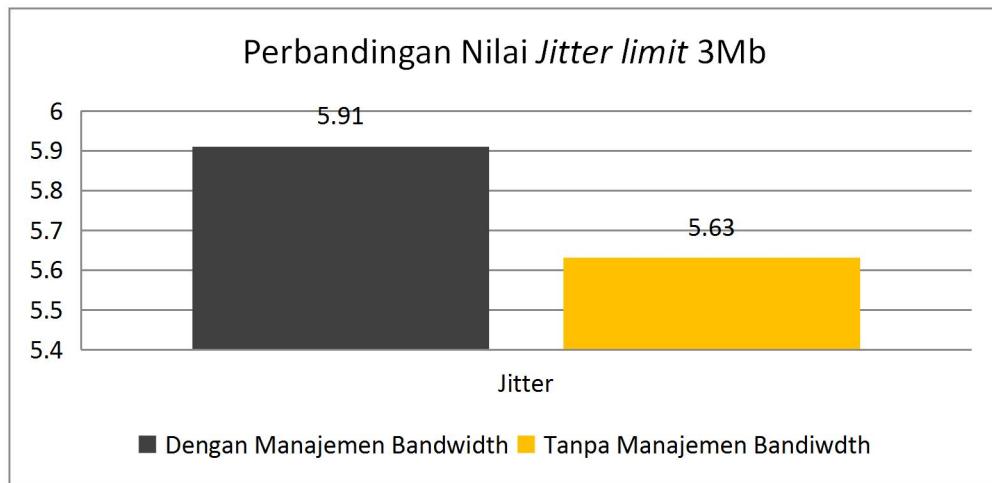
Gambar 4.10 Perbandingan Packet Loss limit 3Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *packet loss* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *packet loss* tanpa manajemen *bandwidth*.



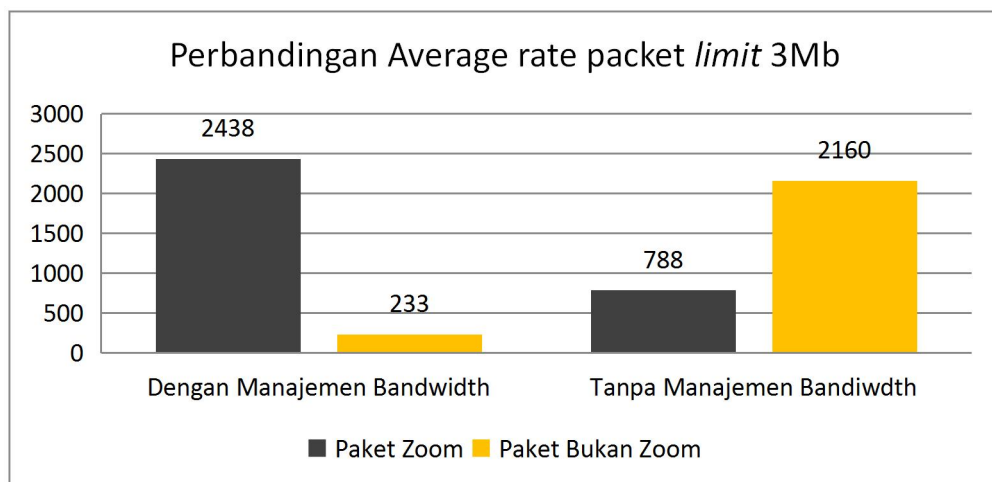
Gambar 4.11 Perbandingan Delay limit 3Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *delay* menggunakan manajemen *bandwidth* sedikit lebih besar dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.12 Perbandingan *Jitter* 3Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *jitter* menggunakan manajemen *bandwidth* sedikit lebih besar dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.13 Perbandingan *Average rate* 3Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *average rate* paket zoom menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding nilai *average rate* paket zoom tanpa manajemen *bandwidth*.

4.2.2.3 Pengujian dengan *bandwidth limit* 4Mb

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 4Mb.

Tabel 4.25 *Throughput* PCQ 4Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	5352086	31.517	1358
2	5666025	33.366	1358
3	6150480	35.004	1405
4	9262424	50.989	1453
5	10507231	56.931	1476
Rata-rata <i>Throughput</i>			1410

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 4Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1410 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* tanpa *management bandwidth* dengan limit 4Mb.

Tabel 4.26 *Throughput* tanpa PCQ 4Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	5171644	44.671	926
2	6565890	50.945	1031
3	6609445	48.358	1093
4	5021229	32.226	1246
5	6523934	41.760	1249
Rata-rata <i>Throughput</i>			1109

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 4Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1109 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 4Mb.

Tabel 4.27 *PacketLoss* PCQ 4Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss</i> (%)
1	12732	44	0.3
2	6547	23	0.4
3	11036	51	0.5
4	8000	41	0.5
5	6787	38	0.6
Rata-rata <i>Packet loss</i>			0.46

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 4Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 0.46 %.

Berikut tabel pengukuran *Packet Loss* tanpa *management bandwidth* limit 4Mb.

Tabel 4.28 *PacketLoss* tanpa PCQ 4Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss</i> (%)
1	5318	25	0.5
2	6703	43	0.6
3	6952	67	1
4	9070	187	2.1
5	11324	189	1.7
Rata-rata <i>Packet loss</i>			1.18

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 1.18 %.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.29 *Delay* PCQ 4Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	40.593895	9089	4.466266
2	31.517469	6346	4.966509
3	33.353327	6676	4.996005
4	34.911439	6855	5.092843
5	50.909625	9993	5.094529
Rata-rata <i>Delay</i>			4.9232304

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 4.9232304 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.30 *Delay* PCQ 4Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	32.213235	6130	5.255014
2	49.622017	9102	5.398392
3	44.125984	7927	5.566543
4	48.243006	6660	7.243695
5	50.790844	6885	7.377029
Rata-rata <i>Delay</i>			6.1681346

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 4Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 6.1681346 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.31 *Jitter* PCQ 4Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	40.599454	9089	4.466878
2	31.551456	6346	4.971865
3	33.353299	6676	4.996
4	34.91141	6855	5.092839
5	50.907657	9993	5.094332
Rata-rata <i>Jitter</i>			4.9243828

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 4.9243828 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.32 *Jitter* tanpa PCQ 4Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	32.22544	6130	5.257005
2	49.338355	9102	5.367532
3	43.779089	7927	5.522782
4	48.243	6660	7.243694
5	50.775824	6885	7.374847
Rata-rata <i>Jitter</i>			6.153172

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 6.153172 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.33 *Average rate* PCQ 4Mb

No	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	2100	1898
2	2200	1766
3	3800	109.8
4	2500	1519
5	2100	1915
Rata-rata	2540	1441.56

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 2540 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 1441.56 kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.34 *Average rate* tanpa PCQ 4Mb

No Uji	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	1635	2300
2	1464	2400
3	1413	2600
4	1244	2700
5	1111	2900
Rata-rata	1373.4	2580

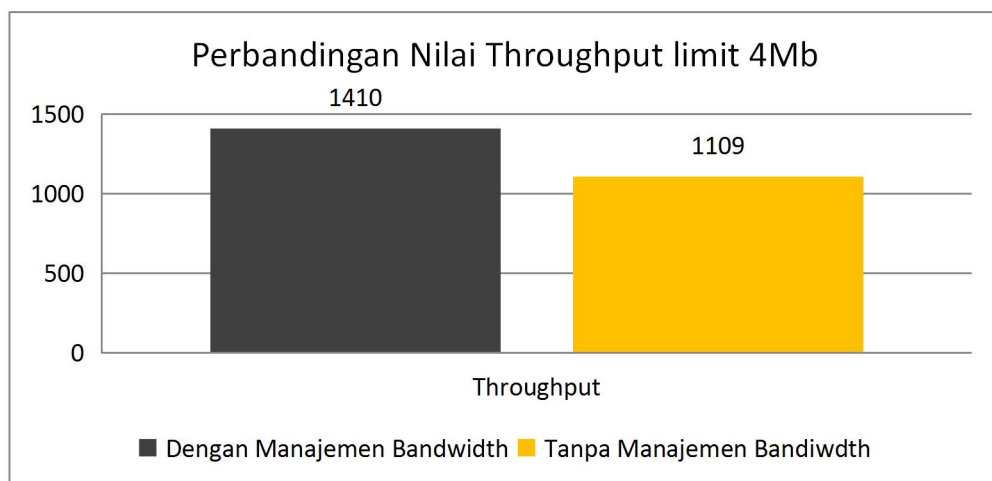
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 4Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 1373.4 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 2580 kb/s.

Berikut ini tabel perbandingan rata-rata setiap parameter pengujian menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan *limit* 4Mb.

Tabel 4.35 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limit 4Mb

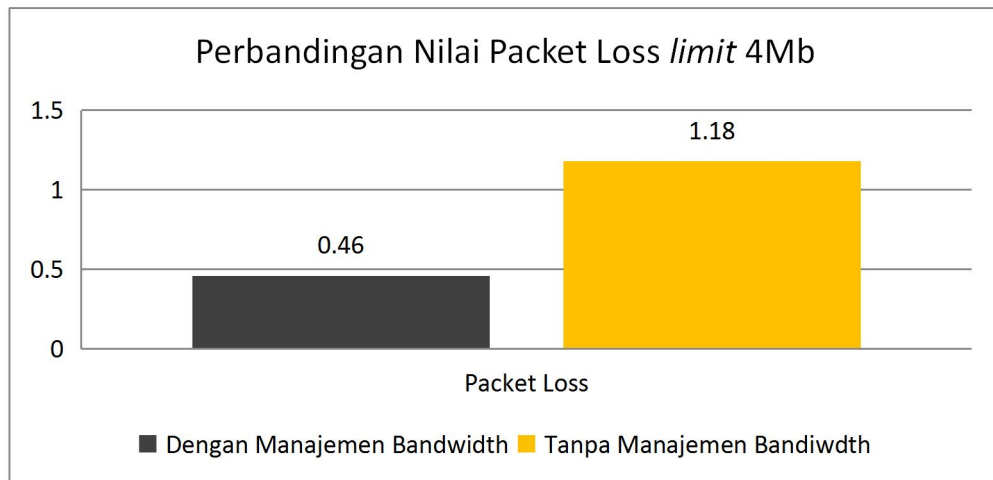
Jenis Pengujian	Throughput (kb/s)	Packet drop (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Average rate (kb/s)	
					Paket zoom	Paket selain zoom
Dengan <i>bandwidth management</i>	1410	0.46	4.92	4.92	2540	1441.56
Indeks	3	4	4	4		
Tanpa <i>bandwidth management</i>	1109	1.18	6.16	6.15	1373.4	2580
Indeks	3	4	4	4		

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai rata-rata dari masing-masing parameter uji coba menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan limit 4Mb.



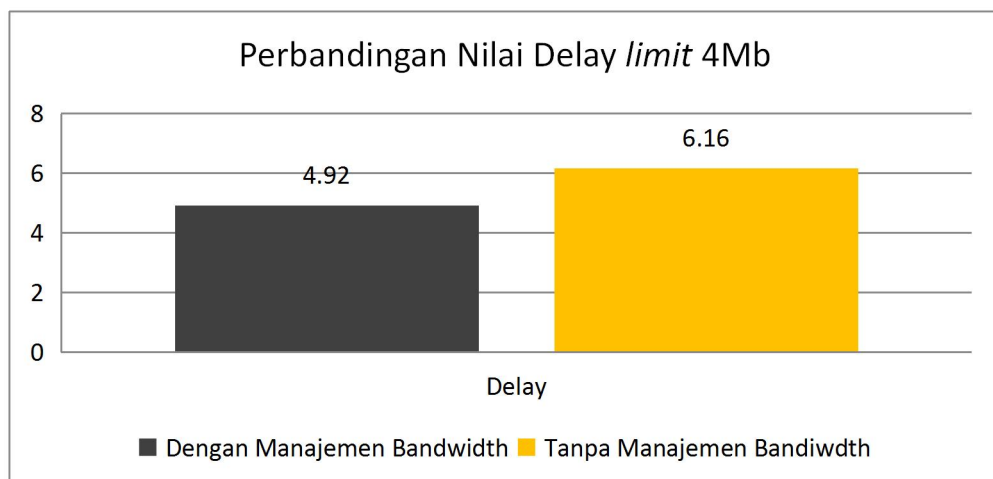
Gambar 4.14 Perbandingan Throughput limit 4Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *throughput* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding *throughput* tanpa manajemen *bandwidth*.



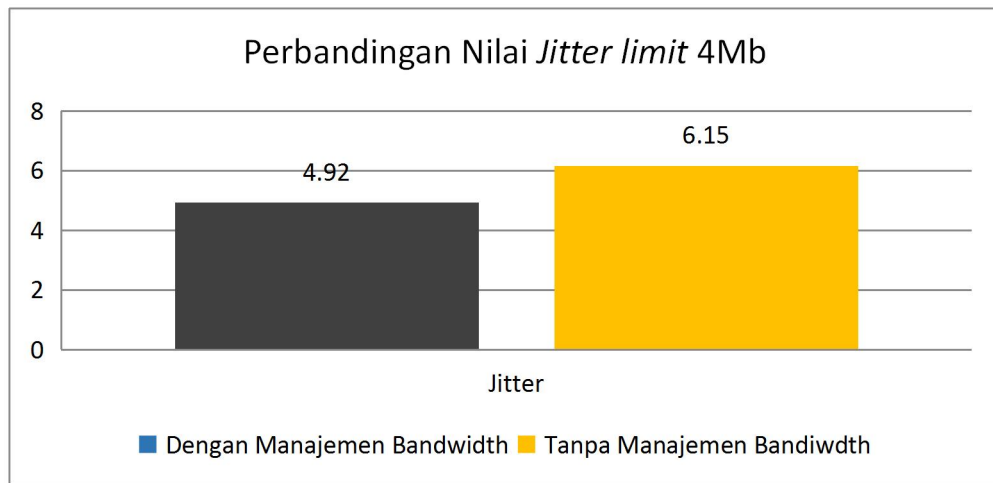
Gambar 4.15 Perbandingan Packet Loss limit 4Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *packet loss* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *packet loss* tanpa manajemen *bandwidth*.



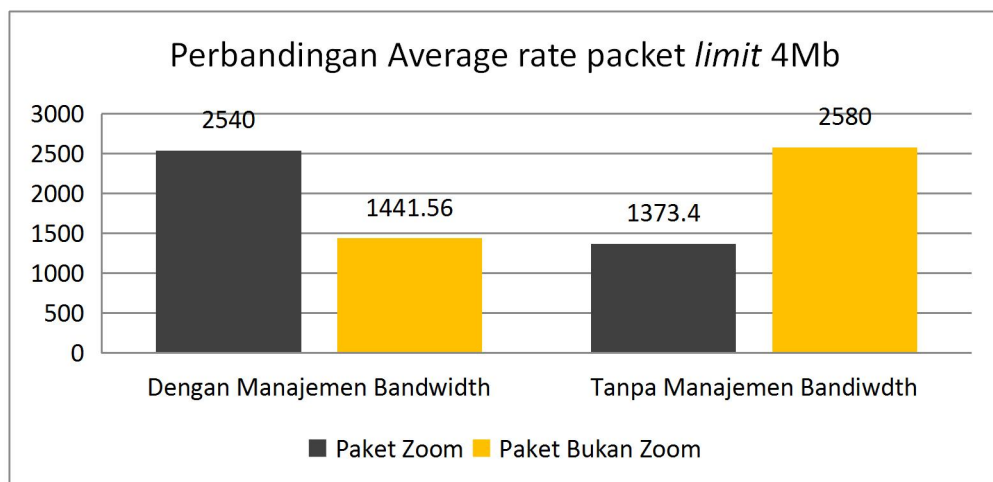
Gambar 4.16 Perbandingan Delay limit 4Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *delay* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.17 Perbandingan Jitter limit 4Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *jitter* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.18 Perbandingan Average Rate limit 4Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *average rate* paket zoom menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding nilai *average rate* paket zoom tanpa manajemen *bandwidth*.

4.2.2.4 Pengujian dengan *bandwidth limit* 5Mb

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 5Mb.

Tabel 4.36 Throughput PCQ limit 5Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	7577824	43.528	1392
2	11699183	39.011	2399
3	11520124	48.656	1894
4	12341605	36.075	2736
5	9460248	31.138	2430
Rata-rata <i>Throughput</i>			2170.2

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian menggunakan metode *per connection queue* limit 5Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 2170.2 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *throughput* tanpa *management bandwidth* dengan limit 5Mb.

Tabel 4.37 Throughput tanpa PCQ limit 5Mb

No	Total Bytes	Time span (s)	Throughput (Kb/s)
1	4123670	29.249	1127
2	4769501	24.479	1558
3	5246045	25.523	1644
4	4722673	27.470	1375
5	4242852	20.322	1670
Rata-rata <i>Throughput</i>			1474.8

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 5Mb memiliki nilai rata-rata *throughput* 1474.8 Kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *Packet Loss* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan limit 5Mb.

Tabel 4.38 PacketLoss PCQ limit 5Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss (%)</i>
1	18510	63	0.3
2	9903	6	0.1
3	14620	216	1.5
4	13204	276	2.1
5	25690	553	2.2
Rata-rata <i>Packet loss</i>			1.24

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian menggunakan metode *per connection queue* dengan limit 5Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 1.24 %.

Berikut tabel pengukuran *Packet Loss* tanpa *management bandwidth* limit 5Mb.

Tabel 4.39 PacketLoss tanpa PCQ limit 5Mb

No	Paket dikirim	Paket hilang	<i>Packet Loss (%)</i>
1	8406	297	3.5
2	6584	124	1.9
3	7325	250	3.4
4	5993	196	3.3
5	14115	481	3.4
Rata-rata <i>Packet loss</i>			3.1

Berdasarkan tabel diatas dapat kita lihat bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *packet loss* 3.1 %.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.40 Delay PCQ limit 5Mb

No	Total Delay	Paket diterima	Rata-rata Delay (ms)
1	89.206057	30130	2.960706
2	38.86096	13926	2.790533
3	35.704927	14173	2.519222
4	31.128664	12928	2.407848
5	72.802626	25137	2.896234
Rata-rata Delay			2.7149086

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 2.7149086 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *delay* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.41 Delay tanpa PCQ limit 5Mb

No	Total <i>Delay</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Delay</i> (ms)
1	21.373845	6384	3.348033
2	24.290864	6454	3.763691
3	27.322717	6620	4.127299
4	20.322412	5797	3.505677
5	41.544989	13634	3.047161
Rata-rata <i>Delay</i>			3.5583722

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan limit 5Mb memiliki nilai rata-rata *delay* 3.5583722 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.42 Jitter PCQ limit 5Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	41.931298	30130	2.961627
2	45.641046	13926	2.790857
3	48.479006	14173	2.519722
4	34.862889	12928	2.407117
5	52.070759	25137	2.825876
Rata-rata <i>Jitter</i>			2.7010398

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 2.7010398 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *jitter* tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.43 Jitter tanpa PCQ limit 5Mb

No	Total <i>Jitter</i>	Paket diterima	Rata-rata <i>Jitter</i> (ms)
1	42.422437	6384	3.347937
2	53.557618	6454	3.763686
3	49.418331	6620	4.132275
4	44.875701	5797	3.507314
5	48.981163	13634	3.047698
Rata-rata <i>Jitter</i>			3.559782

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *jitter* 3.559782 ms.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket dari *management bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.44 Average Rate PCQ limit 5Mb

No Uji	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	2400	2500
2	2600	2300
3	2100	2800
4	2000	2900
5	2500	2500
Rata-rata	2320	2600

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa pengujian dengan *bandwidth management* menggunakan metode *per connection queue* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 2320 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 2600 kb/s.

Berikut adalah tabel hasil pengukuran nilai *average rate* paket tanpa *management bandwidth* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.45 Average Rate tanpa PCQ limit 5Mb

No Uji	Paket Zoom (kb/s)	Paket Selain Zoom (kb/s)
1	2000	3100
2	1857	3100
3	1718	3100
4	2100	2900
5	1991	3000
Rata-rata	1933.2	3040

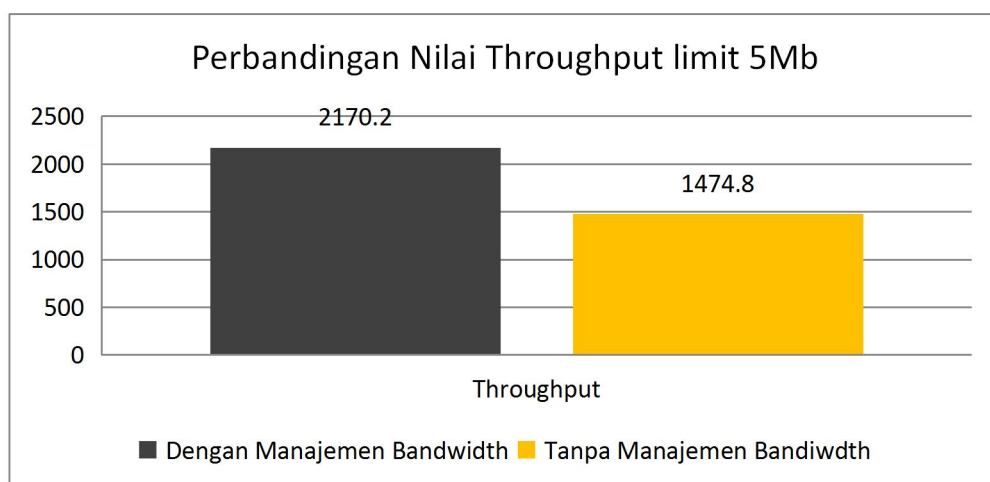
Tabel diatas menunjukkan bahwa pengujian tanpa *bandwidth management* dengan *limit* 5Mb memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom 1933.2 kb/s dan nilai rata-rata untuk paket selain zoom 3040 kb/s. Hasil diatas menunjukkan bahwa ketika keperluan *bandwidth* untuk zoom sudah terpenuhi *bandwidth* dialihkan untuk kebutuhan selain zoom.

Berikut ini tabel perbandingan rata-rata setiap parameter pengujian menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan *limit* 5Mb.

Tabel 4.46 Perbandingan nilai rata-rata pengujian limit 5Mb

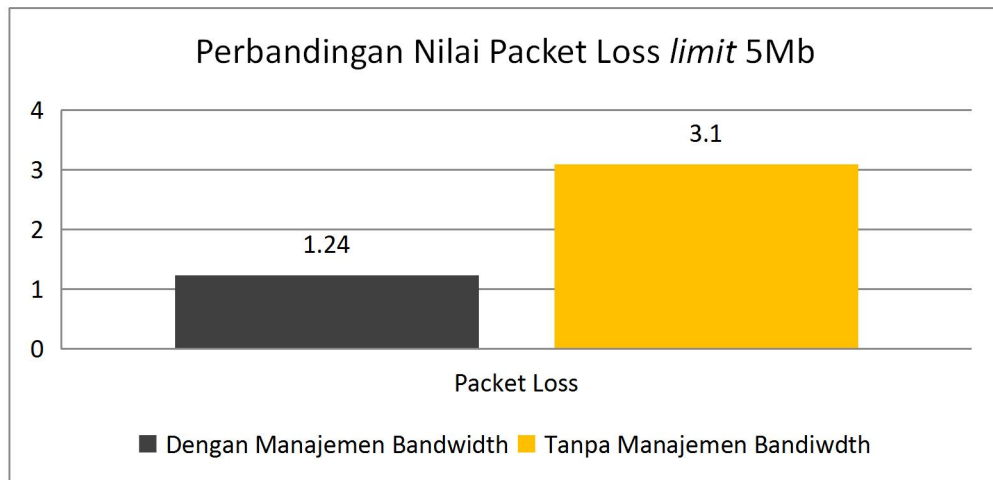
Jenis Pengujian	Throughput, (kb/s)	Packet drop (%)	Delay (ms)	Jitter (ms)	Average rate (kb/s)	
					Paket zoom	Paket selain zoom
Dengan <i>bandwidth management</i>	1657.2	0.34	4.54	4.54	2320	2600
Indeks	3	4	4	4		
Tanpa <i>bandwidth management</i>	1461.8	0.88	5.24	5.24	1933.2	3040
Indeks	3	4	4	4		

Berikut ini adalah grafik perbandingan nilai rata-rata dari masing-masing parameter uji coba menggunakan manajemen *bandwidth* dan tanpa manajemen *bandwidth* dengan limit 5Mb.



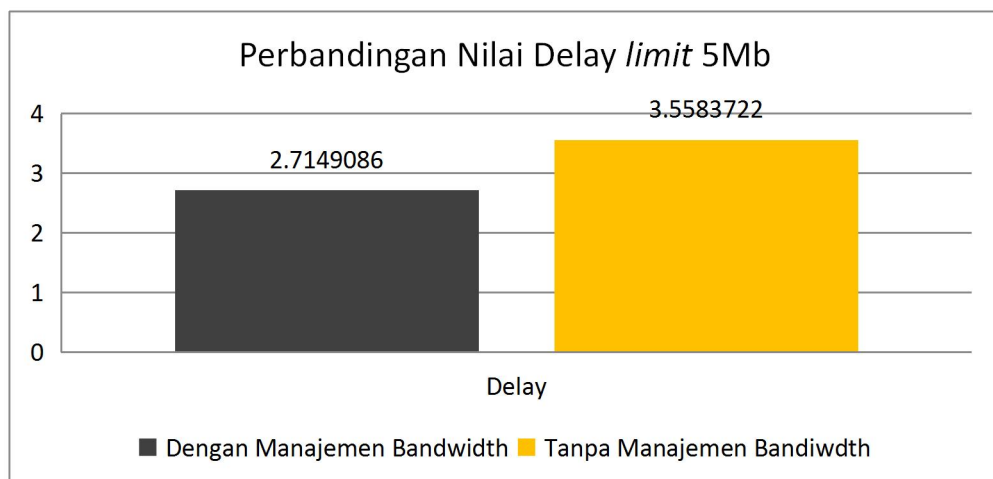
Gambar 4.19 Perbandingan Throughput limit 5Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *throughput* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding *throughput* tanpa manajemen *bandwidth*.



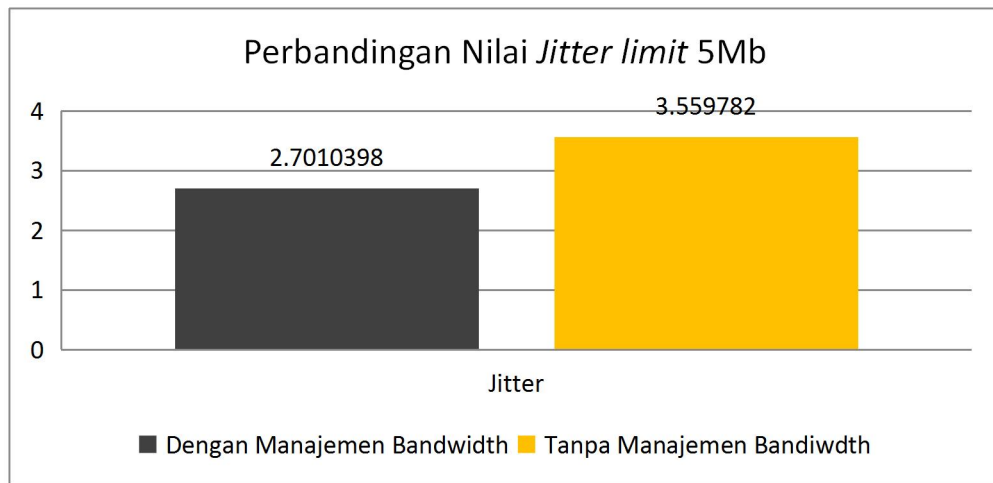
Gambar 4.20 Perbandingan Packet Loss limit 5Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *packet loss* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *packet loss* tanpa manajemen *bandwidth*.



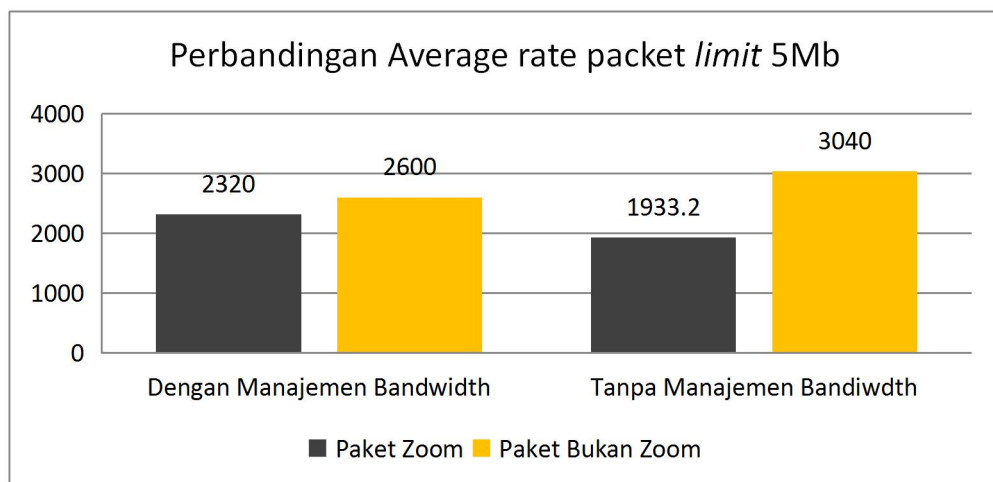
Gambar 4.21 Perbandingan Delay limit 5Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *delay* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.22 Perbandingan Jitter limit 5Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *jitter* menggunakan manajemen *bandwidth* lebih sedikit dibanding *delay* tanpa manajemen *bandwidth*.



Gambar 4.23 Perbandingan Average Rate limit 5Mb

Grafik diatas menunjukkan bahwa nilai *average rate* paket zoom menggunakan manajemen *bandwidth* lebih besar dibanding nilai *average rate* paket zoom tanpa manajemen *bandwidth*.

Hasil perbandingan uji coba pengaruh manajemen *bandwidth* terhadap kualitas *video conference* dapat diringkas dalam tabel berikut dengan merata-rata nilai setiap parameter dari semua *limit* sehingga hanya didapatkan satu nilai pengujian.

Tabel 4.47 Hasil perbandingan nilai pengujian

Parameter	Nilai tanpa manajemen <i>bandwidth</i>	Nilai manajemen <i>bandwidth</i>	Keterangan
<i>Throughput</i> (kb/s)	1230.05	1494.1	<i>Throughput</i> meningkat
<i>Packet Loss</i> (%)	1.68	0.47	<i>Packet Loss</i> Berkurang
<i>Delay</i> (ms)	5.6765497	5.10574095	<i>Delay</i> Berkurang
<i>Jitter</i> (ms)	5.67348675	5.1237575	<i>Jitter</i> Berkurang
<i>Average Rate Zoom</i> (kb/s)	1195.713	2258.7	<i>Average Rate Zoom</i> Meningkat
<i>Average Rate bukan Zoom</i> (kb/s)	2277	1095.26	<i>Average Rate bukan Zoom</i> berkurang

Tabel diatas menunjukkan bahwa nilai pengujian dengan manajemen *bandwidth* lebih baik dibandingkan nilai tanpa manajemen *bandwidth*, hal ini menunjukkan terjadi peningkatan kualitas pelayanan pada saat menggunakan manajemen *bandwidth*. Pengujian *limit* 5Mb untuk parameter QoS dilakukan dengan jumlah klien lebih banyak dengan *device* tambahan 4 buah *Handphone* karena alokasi *bandwidth* melebihi kebutuhan zoom untuk *video conference* bisa berjalan dengan baik sehingga setelah kebutuhan zoom terpenuhi sisa alokasi *bandwidth* digunakan untuk kegiatan selain zoom.

4.3 Pembahasan

Keberhasilan *Bandwidth Management* untuk meningkatkan kualitas *video conference* ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan untuk melakukan *video conference*. Kualitas jaringan diukur menggunakan 4 parameter *Quality of Service* yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Selain kualitas jaringan yang baik *bandwidth management* juga bergantung pada kemampuan metode yang digunakan dalam melakukan pemeringkatan *traffic* jaringan setiap paket data yang lewat.

Salah satu cara yang bisa digunakan untuk mengukur pemeringkatan *traffic* adalah dengan menggunakan parameter *average rate* paket sebagai parameter ke 5 dalam penelitian ini. Parameter ini menunjukkan secara spesifik paket apa yang mendapatkan prioritas lebih tinggi untuk menggunakan *bandwidth* dibandingkan paket lain yang telah ditandai, pada penelitian ini terdapat 2 paket yang ditandai yaitu paket zoom dan paket selain zoom.

Tabel 4.47 pada sub bab 4.2.2.4 menunjukkan bahwa pengujian dengan manajemen *bandwidth* memiliki nilai rata-rata *throughput* sebesar 1494.1kb/s lebih besar dari rata-rata *throughput* tanpa manajemen *bandwidth* yang hanya 1230.05kb/s. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data lebih cepat ketika menggunakan manajemen *bandwidth*.

Pengujian dengan manajemen *bandwidth* memiliki nilai rata-rata *packet loss* sebesar 0.47% dibandingkan tanpa menggunakan manajemen *bandwidth* dengan rata-rata sebesar 1.68%. Hal ini menunjukkan semakin sedikit paket yang gagal terkirim atau *drop* ketika menggunakan manajemen *bandwidth*.

Selanjutnya pengujian dengan manajemen *bandwidth* memiliki nilai rata-rata *delay* dan *jitter* sebesar 5.1ms dibandingkan dengan tanpa menggunakan manajemen *bandwidth* dengan rata-rata sebesar 5.7ms. Hal ini menunjukkan bahwa semakin sedikit *latency* yang terjadi ketika mengirimkan paket data menggunakan manajemen *bandwidth*.

Kemudian pengujian dengan manajemen *bandwidth* memiliki nilai rata-rata *average rate* paket zoom sebesar 2258.7kb/s sedangkan untuk rata-rata nilai paket selain zoom hanya sebesar 1095.28kb/s. Hasil berbalik didapatkan ketika tidak menggunakan manajemen *bandwidth* dimana rata-rata paket data selain zoom mendapatkan nilai lebih besar yaitu 2277kb/s dibandingkan paket zoom yang hanya sebesar 1195.7kb/s.

Hasil ini menunjukkan jika manajemen *bandwidth* sangat berpengaruh terhadap paket apa yang akan mendapatkan alokasi *bandwidth* lebih besar dibandingkan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa manajemen *bandwidth* dalam penelitian ini berhasil meningkatkan kualitas *video conference* menggunakan aplikasi zoom dengan berhasil melewatkan paket zoom lebih banyak dan berhasil membatasi paket-paket selain dari zoom yang berpotensi mengganggu berjalannya *video conference*.

Kualitas *video conference* menggunakan aplikasi zoom yang baik diharapkan dapat memberikan kemudahan serta membantu pengguna dalam melakukan pembelajaran ataupun kegiatan bermanfaat lainnya secara daring melalui aplikasi zoom. Sebagaimana Allah SWT dalam Al-Qur'an telah memerintahkan kita untuk saling tolong menolong dalam melakukan kebajikan

sebagaimana diterangkan dalam hadits Rasulullah SAW hadits ke 36 dalam hadits arbain Nawawi.

عَنْ أَبِي هُرَيْرَةَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُ قَالَ، قَالَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ قَالَ: مَنْ نَقَسَ
عَنْ مُؤْمِنٍ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ الدُّنْيَا نَقَسَ اللَّهُ عَنْهُ كُرْبَةً مِنْ كُرْبِ يَوْمِ الْقِيَامَةِ، وَمَنْ يَسَّرَ عَلَيَّ مُعَسِّرٍ
يَسَّرَ اللَّهُ عَلَيْهِ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَمَنْ سَتَرَ مُسْلِمًا سَتَرَهُ اللَّهُ فِي الدُّنْيَا وَالْآخِرَةِ، وَاللَّهُ فِي عَوْنِ
الْعَبْدِ مَا كَانَ الْعَبْدُ فِي عَوْنِ أَحِيهِ، وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى
الْجَنَّةِ، وَمَا اجْتَمَعَ قَوْمٌ فِي بَيْتٍ مِنْ بُيُوتِ اللَّهِ يَتْلُونَ كِتَابَ اللَّهِ وَيَتَدَارَسُونَ بَيْنَهُمْ إِلَّا نَزَلَتْ عَلَيْهِمْ
السَّكِينَةُ وَغَشِيَتْهُمْ الرَّحْمَةُ وَحَفَّتْهُمُ الْمَلَائِكَةُ وَذَكَرَهُمُ اللَّهُ فِيمَنْ عِنْدَهُ، وَمَنْ بَطَأَ بِهِ عَمَلُهُ لَمْ يُسْرِعْ
بِهِ نَسَبُهُ. رَوَاهُ مُسْلِمٌ هَذَا اللَّفْظَ

“Dari Abu Hurairah radhiyallahu ‘anhu dia berkata: Rasulullah shallallahu ‘alaihi wa sallam bersabda: “Barangsiapa yang menghilangkan satu kesulitan seorang mukmin yang lain dari kesulitannya di dunia, niscaya Allah akan menghilangkan darinya satu kesulitan pada hari kiamat. Barangsiapa yang meringankan orang yang kesusahan (dalam hutangnya), niscaya Allah akan meringankan baginya (urusannya) di dunia dan akhirat. Barangsiapa yang menutupi aib seorang muslim, niscaya Allah akan menutupi aibnya di dunia dan akhirat. Dan Allah akan senantiasa menolong hamba-Nya, selama hamba tersebut mau menolong saudaranya. Barangsiapa yang menempuh satu jalan untuk mencari ilmu, niscaya Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga. Tidaklah suatu kaum berkumpul di salah satu rumah dari rumah–rumah Allah (masjid), membaca kitabullah, saling mengajarkan di antara mereka, melainkan akan turun kepada mereka ketenangan, diliputi oleh rahmat dan dinaungi oleh para malaikat serta Allah akan menyebut–nyebut mereka di hadapan makhluk yang berada di sisiNya. Barangsiapa yang lambat dalam beramal, sungguh garis nasabnya tidak akan bisa membantunya.” (HR. muslim dengan lafazh ini). (haditsarbain, 2022).

Hadits tersebut dapat direfleksikan kedalam penelitian ini dimana ketika kita membantu saudara kita dalam urusannya maka Allah SWT akan menghilangkan kesulitan kita kelak di hari kiamat.

Bagusnya kualitas dari *video conference* akan meningkatkan kualitas penyampaian informasi kepada peserta sehingga informasi akan diterima secara utuh. Sebagaimana firman Allah SWT dalam Q.S. Al-Hujurat[49] : 8

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِن جَاءَكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَأٍ فَتَبَيَّنُوا أَن تُصِيبُوا قَوْمًا بِجَهَالَةٍ فَتُصْحَبُوا عَلَيَّ
مَا فَعَلْتُمْ نَادِمِينَ

“*Hai orang-orang yang beriman, jika datang kepadamu orang fasik membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya yang menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu*” (Q.S. Al-Hujurat[49] : 8).

Tafsir ringkas kementerian agama RI menjelaskan bahwa ayat ini memberikan tuntunan kepada umat islam untuk berhati-hati dalam menerima berita agar tidak terjadi penyesalan akibat perbuatan yang dilakukan berdasarkan informasi yang diterima tanpa diteliti kebenaran informasi tersebut. Dalam ayat lain Q.S. Al-Qashas[28] : 77

وَابْتَغِ فِيمَا آتَاكَ اللَّهُ الدَّارَ الْآخِرَةَ وَلَا تَنْسَ نَصِيبَكَ مِنَ الدُّنْيَا وَأَحْسِنْ كَمَا أَحْسَنَ
اللَّهُ إِلَيْكَ وَلَا تَبْغِ الْمَسَادَ فِي الْأَرْضِ إِنَّ اللَّهَ لَا يُحِبُّ الْمُفْسِدِينَ

“*Dan carilah pada apa yang telah dianugerahkan Allah kepadamu (kebahagiaan) negeri akhirat, dan janganlah kamu melupakan bahagianmu dari (kenikmatan) duniawi dan berbuat baiklah (kepada orang lain) sebagaimana Allah telah berbuat baik, kepadamu, dan janganlah kamu berbuat kerusakan di (muka) bumi. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang-orang yang berbuat kerusakan*” (Q.S. Al-Qashas[28] : 77).

Ayat ini memerintahkan kita untuk melakukan kebaikan kepada sesama manusia sebagaimana Allah SWT berbuat baik kepada kita dengan karunia dan nikmat-Nya (Shihab, 2022). Dalam ayat lain Allah SWT berfirman dalam QS. Al-baqarah[2]:42

وَلَا تَلْبِسُوا الْحَقَّ بِالْبَاطِلِ وَتَكْتُمُوا الْحَقَّ وَأَنْتُمْ تَعْلَمُونَ

“Dan janganlah kamu campur adukkan yang hak dengan yang bathil dan janganlah kamu sembunyikan yang hak itu, sedang kamu mengetahui”(QS. Al-baqarah[2]:42).

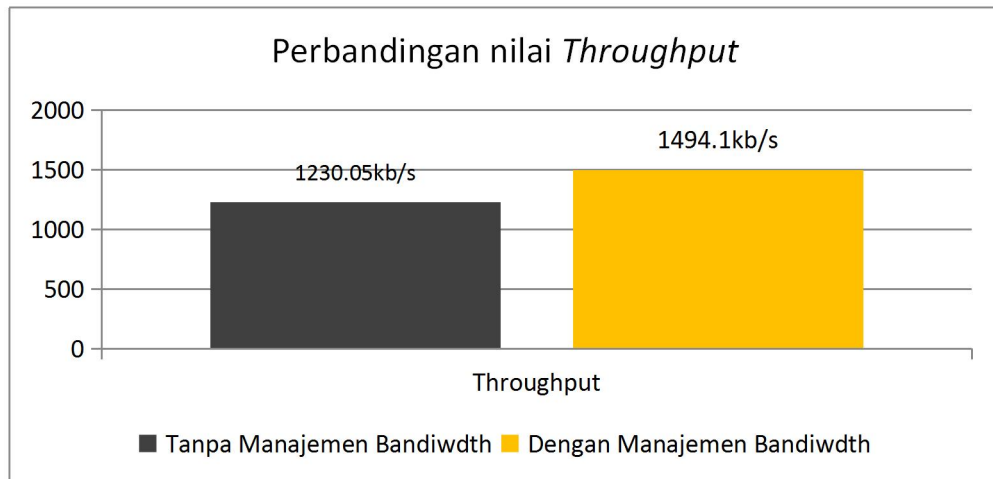
Ayat ini menunjukkan tentang pentingnya menjaga keutuhan informasi yang akan disampaikan, seseorang yang akan menyampaikan sebuah informasi hendaknya menyampaikan informasi yang diterima dengan sempurna tanpa menyembunyikan suatu apapun. Dalam tafsir Quraish Shihab disebutkan bahwa kita dilarang untuk menyembunyikan kebenaran, termasuk di dalamnya kebenaran Muhammad, sedangkan kita mengetahui kebenaran hal itu (Shihab, 2022).

BAB V PENUTUP

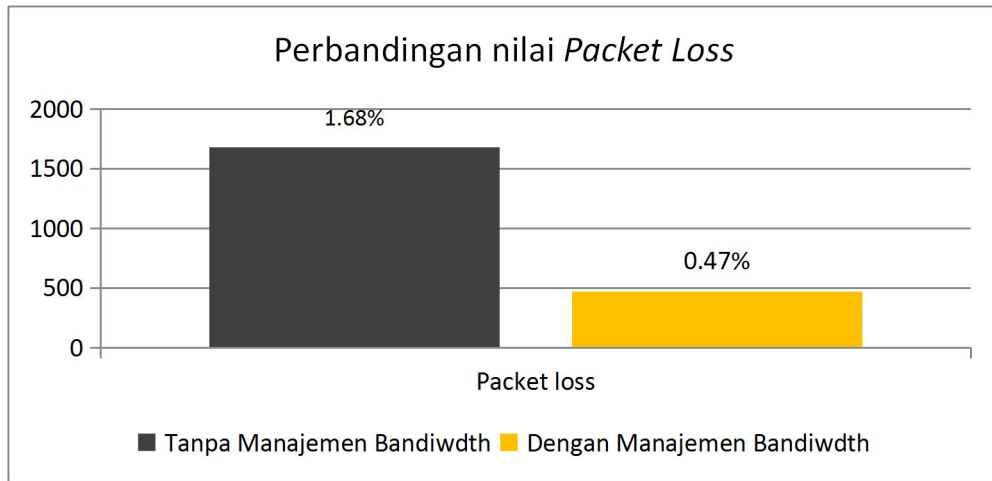
5.1 Kesimpulan

Dari hasil implementasi dan uji coba yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

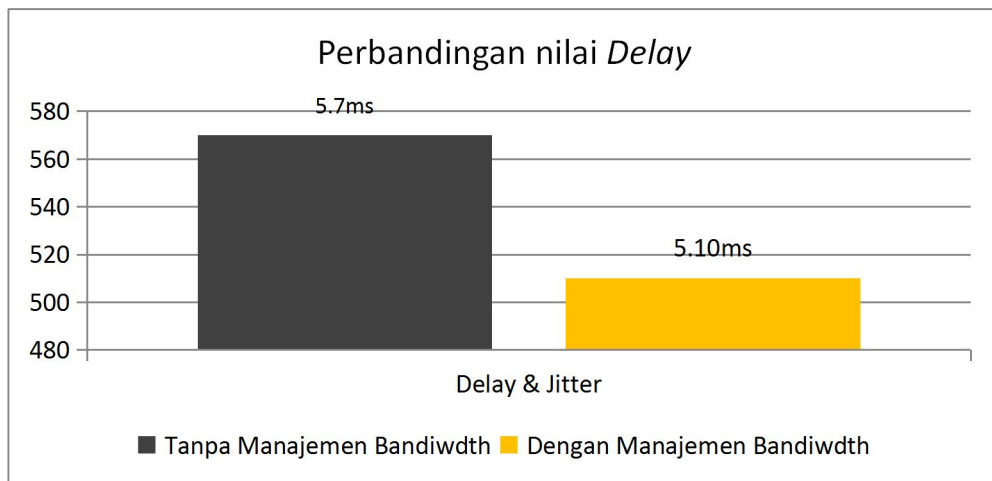
1. Kualitas *Quality of Service* video conference setelah dilakukan *bandwidth management* menjadi lebih baik dibuktikan dengan meningkatnya nilai *throughput* sebesar 21.47% dari 1230.05kb/s menjadi 1494.1kb/s, berkurangnya *packet drop* sebesar 72% dari 1.68% menjadi 0.47%, serta nilai *delay* dan *jitter* keduanya berkurang sebesar 10.53% dari 5.7ms menjadi 5.1ms. serta mendapatkan index 4 pada *Quality of Service* yang berarti sangat baik. Berikut ini grafik perbandingan nilai hasil percobaan



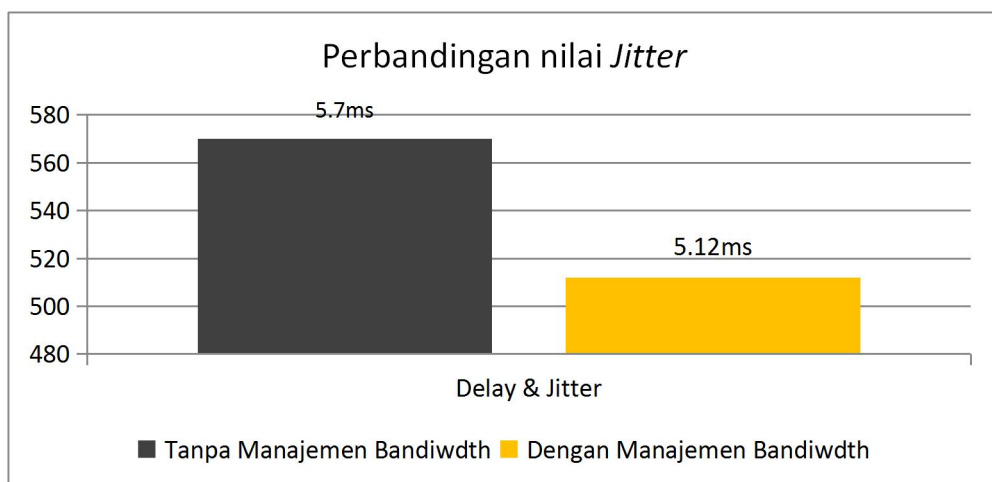
Gambar 5.1 Perbandingan nilai throughput



Gambar 5.2 Perbandingan nilai packet loss



Gambar 5.3 Perbandingan nilai delay



Gambar 5.4 Perbandingan nilai jitter

2. Metode Per Connection Queue bekerja dengan baik sebagai manajemen bandwidth menggunakan mikrotik router ditandai dengan nilai rata-rata lalu lintas paket zoom lebih dominan dengan nilai rata-rata 2258.7kb/s dibanding lalu lintas paket selain zoom dengan nilai rata-rata 1095kb/s pada saat pengujian menggunakan manajemen bandwidth dengan scenario limit bandwidth yang berbeda-beda. Perbedaan nilai rata-rata ini menunjukkan keberhasilan metode Per Connection Queue dalam memprioritaskan paket zoom dan berhasil dalam membatasi lalu lintas paket selain zoom.

5.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini yaitu itu agar memperoleh hasil yang lebih baik diharapkan menggunakan komputer dengan spesifikasi yang lebih baik. Selain itu agar diperoleh data yang lebih bervariasi dapat ditambah skenario pengujian dengan menggunakan aplikasi video conference selain zoom bersamaan dengan melakukan berbagai kegiatan internet lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Rumansyah and Arizona, K. (2020) 'Pembelajaran online berbasis proyek salah satu solusi kegiatan belajar mengajar di tengah pandemi COVID-19', 5, p. 7.
- Anang Wibawa, T. (2017) 'QOS PADA MIKROTIK', QOS PADA MIKROTIK, October. Available at: binus.ac.id/malang/2017/10/qos-pada-mikrotik/ (Accessed: 23 March 2022).
- Azinar, A.W. and Hudalloh, D.K. (2016) 'Analisis Quality Of Service Video Streaming Pada Ethernet Over Internet Protocol Dengan Metode Priority Queueing Dan Per Connection Queue', 1, p. 8.
- Faisal, I. and Fauzi, A. (2018) 'Analisis QoS pada implementasi manajemen bandwidth menggunakan metode queue tree dan PCQ (Per Connection Queueing)', Jurnal Penelitian Teknik Informatika Universitas Prima Indonesia (UNPRI) Medan, 1, pp. 137–142.
- Hardiman, Aksara, L.F. and Subardin (2018) 'Analisis perbandingan QoS pada manajemen bandwidth dengan metode PCQ dan HTB', semanTIK, 4, p. 8.
- Haris, S.A., Suhartono, H. and Herlawati, H. (2018) 'Menjaga Kestabilan Jaringan Load Balancing Nth Dengan Teknik Failover Pada PT. Jakarta Samudera Sentosa Jakarta'. doi:10.33558/piksel.v6i1.1399.
- Kurniawan, H. and Kosasi, S. (2015) 'Penerapan network development life cycle dalam perancangan intranet untuk mendukung proses pembelajaran', 5, pp. 178–188.
- Mikrotik (2020) 'Prioritas Bandwidth Video Conference Zoom', Mikrotik.id, 3 July. Available at: https://mikrotik.id/artikel_lihat.php?id=394 (Accessed: 7 April 2022).
- Nurfiana and Ramanda, D. (2019) 'Implementasi metode PCQ-Queue tree pada router mikrotik dan monitoring CACTI untuk peningkatan Quality of Service', JIFTI - Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Robotika, 1, p. 7.
- Riadi, M. (2019) 'Pengertian, Layanan dan Parameter Quality of Service (QoS)', Kajian Pustaka. Available at: <https://www.kajianpustaka.com/2019/05/pengertian-layanan-dan-parameter-quality-of-service-qos.html> (Accessed: 26 March 2022).

- Safar, M., Budiman, E. and Taruk, M. (2020) 'Implementasi Mikrotik Sebagai Optimalisasi Bandwidth Management Dengan Metode Queue Tree Pada Dinas Kesehatan Provinsi Kalimantan Timur', *JURTI*, 4, pp. 77–85.
- Santoso, A.B. (2020) 'Studi Eksploratif Dampak Pandemi COVID- 19 Terhadap Kegiatan Belajar Mengajar (KBM) di Sekolah Dasar dan Taman Kanak-Kanak', <https://www.researchgate.net/publication/344435395>, p. 19.
- Sauri, S. (2017) Analisis pengaruh kualitas pelayanan islami terhadap kepuasan dan kepercayaan anggota di pusat koperasi syariah alkamil Jawa Timur. Thesis. UIN Maulana Malik Ibarhim Malang.
- Sukri and Jumiati (2017) 'Analisis bandwidth menggunakan metode antrian per connection queue', *RABIT : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, 2, pp. 136–151.
- Togohodoh, V.B. (2018) Manajemen bandwidth dengan metode peer connection queue (PCQ) menggunakan Queue Tree. Undergraduate Thesis. Universitas Sanata Dharma. Available at: https://repository.usd.ac.id/31189/2/115314019_full.pdf (Accessed: 7 April 2022).
- Zuqhra, A.A. and Rosyid, N.R. (2018) 'Implementasi dan Analisis Metode Hierarchical Token Bucket dan Per Connection Queue pada Jaringan Multi Protocol Label Switching Traffic Engineering untuk Layanan Voice over Internet Protocol', *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 4, pp. 465–477.
- Zoom (2022) 'Zoom Support', Zoom system requirements: Windows, macOS, Linux. Available at: https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362023-Zoom-system-requirements-Windows-macOS-Linux#h_d278c327-e03d-4896-b19a-96a8f3c0c69c.
- Arifin, M.A.S. (2018) 'Penerapan BandwidthManagement Untuk Dynamic User Pada Mikrotik Menggunakan Per Connection Queue(PCQ)', *Jatani*, 4, pp. 194–198.
- tafsirweb (no date) 'Tafsir Ringkas Kementerian Agama RI / Surat Al-Baqarah Ayat 267', *Tafsir Surat Al-Baqarah Ayat 267*. Available at: <https://tafsirweb.com/1033-surat-al-baqarah-ayat-267.html>.
- haditsarbain (no date) 'Balasan itu Sejenis dengan Amalan', *Balasan itu Sejenis dengan Amalan*. Available at: <https://haditsarbain.com/hadits/balasan-itu-sejenis-dengan-amalan/>.

Shihab, Q. (2022) 'Tafsir Surat Al-Qasas Ayat 77', Tafsirq. Available at:
<https://tafsirq.com/28-al-qasas/ayat-77#tafsir-quraish-shihab>.

Shihab, Q. (2022) 'Tafsir Surat Al-Baqarah Ayat 42', Tafsirq. Available at:
<https://tafsirq.com/2-al-baqarah/ayat-42#tafsir-quraish-shihab>.