

# Analisis dan Implementasi Bandwidth Management Menggunakan Mikrotik OS untuk Optimalisasi Penggunaan Jaringan Internet

(Studi Kasus : Universitas Pembangunan Panca Budi Medan)

**Muslim**

Program Pasca Sarjana Teknik Informatika  
Universitas Amikom Yogyakarta  
Yogyakarta, Indonesia  
[muslim@dosen.pancabudi.ac.id](mailto:muslim@dosen.pancabudi.ac.id)

**Prihandoko**

Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi  
Universitas Gunadarma  
Depok, Indonesia  
[pri@staff.gunadarma.ac.id](mailto:pri@staff.gunadarma.ac.id)

*Abstrak- Saat ini teknologi informasi telah menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting bagi keberhasilan suatu bisnis atau organisasi mengingat pentingnya sebuah informasi pada saat ini. Dengan semakin berkembangnya sistem informasi dan data maka akan berdampak pada peningkatan jumlah pengguna internet yang pada akhirnya juga akan berdampak pada penggunaan bandwidth. Oleh karenanya perlu dilakukan pembatasan bandwidth dalam penggunaan internet pada jaringan yang ada sehingga jaringan dapat berfungsi secara tepat, cepat dan profesional. Untuk mencapai hal tersebut, perlu dilakukan analisa dan implementasi bandwidth management menggunakan Mikrotik OS dengan metode antrian Per Connection Queue (PCQ), baik dengan menggunakan fitur simple queue maupun queue tree. Adapun yang menjadi parameter pengujian kualitas layanan jaringan dalam implementasi manajemen bandwidth ini nantinya adalah throughput, delay, jitter, dan packet loss.*

*Untuk memaksimalkan penerapan manajemen bandwidth penulis juga perlu melakukan perubahan terhadap topologi jaringan yang berjalan. Hal ini juga tentunya akan dapat mempermudah network administrator untuk melakukan pengembangan terhadap jaringan baik secara physical ataupun logical dimasa yang akan datang.*

*Penerapan metode Per Connection Queue yang dilakukan pada saat penelitian terbukti mampu meningkatkan kecepatan waktu download yang dilakukan oleh masing-masing client yang berada pada jaringan secara signifikan. Begitu juga dengan pengujian kualitas layanan jaringan yang dilakukan untuk parameter throughput, delay, jitter dan packet loss dimana seluruh kualitas layanan jaringan memperoleh kategori nilai pengujian bagus dan sangat bagus berdasarkan standar TIPHON.*

**Kata Kunci—Bandwidth; Throughput; Delay; Jitter; Packet Loss;**

## I. PENDAHULUAN

Universitas Pembangunan Panca Budi Medan merupakan salah satu perguruan tinggi di Sumatera Utara yang telah mengimplementasikan jaringan komputer untuk menghubungkan antar unit kerja yang ada di dalamnya guna melakukan aktivitas instansi setiap harinya. Namun saat ini penggunaan jaringan yang ada belum dapat dikontrol dengan sempurna sehingga dapat menyebabkan permasalahan pada jaringan yang ada. Permasalahan yang ada tersebut

diantaranya adalah tingginya *traffic* penggunaan internet yang disebabkan jumlah pengguna yang mengakses jaringan sangat banyak terdiri dari seluruh pegawai di semua unit fakultas dan juga tentunya penggunaan dari seluruh mahasiswa yang ada.

Oleh karenanya maka perlu dilakukan pembatasan *bandwidth* dalam penggunaan internet pada jaringan yang ada sehingga jaringan dapat berfungsi secara tepat, cepat dan profesional. Selain itu, untuk mengoptimalkan penggunaan jaringan pada semua perangkat komputer yang ada, maka *bandwidth* yang disediakan juga perlu dikelola dengan baik sehingga tidak ada lagi *user* atau perangkat komputer yang kekurangan *bandwidth* ataupun *bandwidth* berlebih yang tidak terpakai.

Untuk mencapai hal tersebut, penulis merasa perlu melakukan analisa dan implementasi *bandwidth management* menggunakan Mikrotik OS dengan metode antrian *Per Connection Queue* (PCQ), baik dengan menggunakan fitur *simple queue* maupun *queue tree* pada jaringan yang ada di Universitas Pembangunan Panca Budi Medan sehingga penggunaan *bandwidth* yang tersedia dapat optimal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Bandwidth dan Trafik

Istilah *bandwidth* dapat didefinisikan sebagai kapasitas atau daya tampung suatu kanal komunikasi untuk dapat dilewati trafik dalam satuan waktu tertentu. Pengalokasian *bandwidth* yang tepat dapat menjadi salah satu metode dalam memberikan jaminan kualitas suatu layanan jaringan (QoS = *Quality of Services*). Sedangkan istilah trafik dapat didefinisikan sebagai banyaknya informasi yang melewati suatu kanal komunikasi (Tengku Ahmad Riza, dkk, 2010:23).

$$\text{Bandwidth} = \frac{\sum \text{bits}}{s}$$

B. QoS

Quality of service merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat suatu layanan. Quality of service digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan biasanya diasosiasikan dengan suatu layanan. Quality of service didesain untuk membantu end user (client) menjadi lebih praktis dengan memastikan bahwa user mendapatkan performansi yang handal dari aplikasi-aplikasi berbasis jaringan (Septiawan, 2013).

C. Throughput

Throughput merupakan kecepatan (rate) transfer data efektif, yaitu diukur dalam bps. Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut. Menurut versi TIPHON, throughput dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Tabel 2.1. Kategori Throughput

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

Untuk mengukur nilai throughput dapat menggunakan rumus persamaan berikut.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah Data Diterima}}{\text{Lama Pengamatan}}$$

$$\% \text{ Throughput} = \frac{\text{Throughput}}{\text{Alokasi Bandwidht User}} \times 100\%$$

D. Delay

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. Menurut versi TIPHON, delay dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

Tabel 2.2. Kategori Delay

Kategori Delay	Besar Delay (ms)	Indeks
Sangat bagus	< 150 ms	4
Bagus	150 ms - 300 ms	3
Sedang	300 ms - 450 ms	2
Jelek	> 450 ms	1

Untuk mengukur nilai delay dapat menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$\text{Rata - rata Delay} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Diterima}}$$

E. Jitter

Jitter atau variasi kedatangan paket disebabkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir perjalanan jitter. Jitter lazimnya disebut variasi delay, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan. Delay antrian pada router dan switch dapat menyebabkan jitter. Terdapat empat kategori penurunan performasi jaringan berdasarkan nilai peak jitter sesuai dengan versi TIPHON sebagai berikut.

Tabel 2.3. Kategori Jitter

Kategori Jitter	Jitter (ms)	Indeks
Sangat bagus	0 ms	4
Bagus	0 ms - 75 ms	3
Sedang	75 ms - 125 ms	2
Jelek	125 - 225 ms	1

Untuk mengukur nilai jitter dapat menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total Variasi Delay}}{\text{Total Paket Diterima}}$$

Total variasi delay diperoleh dari penjumlahan berikut.

$$(\text{delay}_2 - \text{delay}_1) + (\text{delay}_3 - \text{delay}_2) + \dots + (\text{delay}_n - \text{delay}_{(n-1)})$$

F. Packet Loss

Packet Loss merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan total paket yang hilang, dapat terjadi karena collision dan congestion pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah bandwidth cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut.

Nilai packet loss sesuai dengan versi TIPHON sebagai berikut.

Tabel 2.5. Kategori Packet Loss

Kategori Packet Loss	Packet Loss (%)	Indeks
Sangat bagus	0%	4
Bagus	3%	3
Sedang	15%	2
Jelek	25%	1

Untuk mengukur nilai packet loss dapat menggunakan rumus persamaan sebagai berikut.

$$\text{Packet Loss} = \frac{\text{Paket Data Dikirim} - \text{Paket Data Diterima}}{\text{Paket Data Dikirim}} \times 100\%$$

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### G. Manajemen Bandwidth

*Bandwidth* merupakan kapasitas atau daya tampung kabel *ethernet* agar dapat dilewati trafik paket data dalam jumlah tertentu. *Bandwidth* juga bisa berarti jumlah konsumsi paket data per satuan waktu dinyatakan dengan satuan *bit per second* (bps) (Santosa, 2004).

*Bandwidth* menjadi acuan kecepatan transfer data melalui kanal. Semakin besar *bandwidth* maka semakin banyak data yang bisa ditransmisikan. Manajemen *bandwidth* merupakan cara pengaturan jaringan sebagai upaya untuk mengoptimalkan performa jaringan. Manajemen *bandwidth* juga digunakan untuk memastikan *bandwidth* yang ada dapat memadai untuk memenuhi kebutuhan trafik data dan informasi.

##### H. Router

*Router* adalah perangkat keras yang memfasilitasi transmisi paket data melalui jaringan komputer. Fungsi *router* adalah sebagai penghubung antara dua atau lebih jaringan untuk meneruskan data dari satu jaringan ke jaringan lainnya. Sebuah *router* mampu mengirimkan data atau informasi dari satu jaringan ke jaringan lain yang berbeda. *Router* akan mencari jalur terbaik untuk mengirimkan sebuah pesan yang berdasarkan alamat tujuan dan alamat asal. *Router* mengetahui alamat masing-masing komputer di lingkungan jaringan lokalnya (Melvin, 2005:38).

##### I. Mikrotik Router

Menurut mikrotik.co.id, MikroTik *router* adalah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer menjadi *router network* yang handal, mencakup berbagai fitur yang dibuat untuk ip *network* dan jaringan *wireless*, cocok digunakan oleh ISP dan *provider hotspot*. Sedangkan menurut Moh. Risaldi dan Astika Ayuningtyas (2018:47), *mikrotik* adalah sebuah sistem operasi termasuk didalamnya perangkat lunak yang dipasang pada suatu komputer sehingga komputer tersebut dapat berperan sebagai jantung *network*, pengendali atau pengatur lalu-lintas data antar jaringan.

### III. METODE PENELITIAN

Metode atau tahapan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.

##### A. Pengumpulan Data

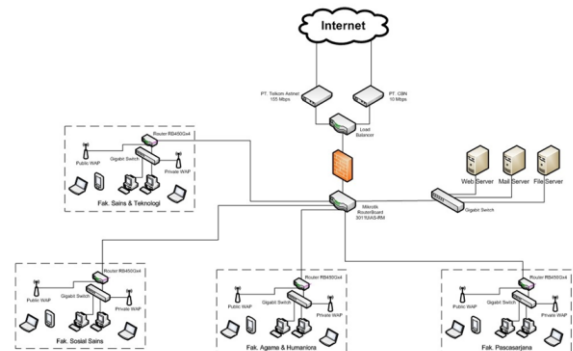
Pengumpulan data dilakukan diantaranya dengan cara observasi guna mengetahui sistem yang sedang berjalan.

##### B. Perancangan dan Implementasi Sistem

Melakukan perancangan sistem meliputi tahapan perancangan topologi jaringan, perancangan alokasi *bandwidth* dilanjutkan dengan konfigurasi MikroTik OS.

##### A. Perancangan Jaringan

Topologi jaringan yang diusulkan dan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Topologi Jaringan LAN Yang Diusulkan dan Digunakan

##### B. Konfigurasi MikroTik OS

Pada penelitian ini konfigurasi yang dilakukan pada Mikrotik OS adalah konfigurasi dasar dan konfigurasi lanjutan. Adapun konfigurasi dasar yang dilakukan meliputi konfigurasi *interface*, *IP address*, *IP DNS* dan *firewal NAT*. Konfigurasi lanjutan yang dilakukan meliputi konfigurasi manajemen *bandwidth* dengan teknik *simple queue* dan penerapan metode *Per Connection Queue* (PCQ) untuk melakukan *bandwidth share* dengan menerapkan penambahan sub *queue* berdasarkan *classifier* tertentu menggunakan teknik *simple queue*.

##### C. Pengujian Bandwidth dan Kualitas Layanan

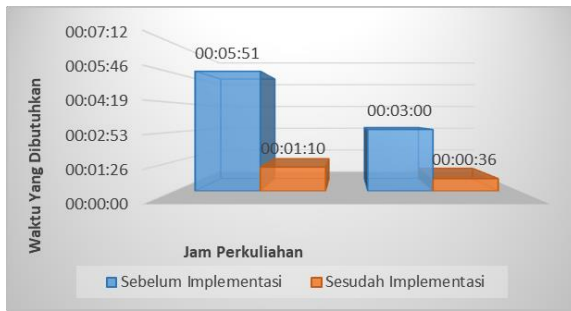
Adapun pengujian kinerja yang penulis lakukan meliputi pengujian *bandwidth* dan kualitas jaringan pada sisi pengguna (*client*) yang ada pada jaringan sebelum dan sesudah dilakukannya implementasi manajemen *bandwidth* dengan menerapkan metode *Per Connection Queue* (PCQ) menggunakan teknik *simple queue*.

##### 1) Pengujian Bandwidth

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengunduhan sebuah *file* dari internet dengan ukuran 6,325 MB. Pengunduhan *file* tersebut akan menggunakan aplikasi *Internet Download Manager* (IDM) versi 6.31. Berikut hasil dari pengujian *bandwidth* yang dilakukan.

Tabel 1. Perbandingan Durasi *Download* Pada Jaringan *Private* Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Kondisi Pengujian	Transfer Rate (KB/sec)	Durasi Waktu (hh:mm:ss)	Transfer Rate (KB/sec)	Durasi Waktu (hh:mm:ss)
		Jam Perkuliahan		Jam Istirahat
Sebelum Implementasi	18,456	00:05:51	35,93	00:03:00
Sesudah Implementasi	92,04	00:01:10	178,25	00:00:36
<b>Selisih Waktu</b>		<b>00:04:41</b>		<b>00:02:24</b>
<b>Persentase</b>		<b>501%</b>		<b>500%</b>

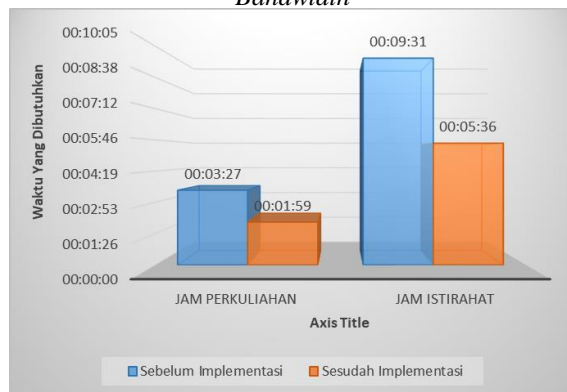


Gambar 2. Grafik Perbandingan Durasi *Download* Pada Jaringan *Private* Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Tabel 2. Perbandingan Durasi *Download* Pada Jaringan Publik Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Kondisi Pengujian	Tranfer Rate (KB/sec)	Durasi Waktu (hh:mm:ss) Jam Perkuliahan	Tranfer Rate (KB/sec)	Durasi Waktu (hh:mm:ss) Jam Istirahat
Sebelum Implementasi	31,364	00:03:27	11,342	00:09:31
Sesudah Implementasi	54,625	00:01:59	19,25	00:05:36
<b>Selisih Waktu</b>		<b>00:01:28</b>		<b>00:03:55</b>
<b>Persentase</b>		<b>174%</b>		<b>170%</b>

Gambar 3. Grafik Perbandingan Durasi *Download* Pada Jaringan Publik Sebelum dan Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*



## 2) Pengujian Kualitas Layanan Jaringan

Adapun yang menjadi parameter dalam pengujian kualitas layanan jaringan pada penelitian ini adalah *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*. Untuk pengambilan data sampel pada pengujian kualitas layanan jaringan akan dilakukan dengan cara sebagai berikut.

- Waktu pengambilan data tidak lebih dari 3 menit.
- Perangkat lunak yang digunakan untuk pengambilan data adalah perangkat lunak analisa jaringan Whireshark, dimana perangkat lunak ini akan dijalankan pada PC yang ada pada jaringan *private* dan publik.
- Metode antrian yang digunakan dalam pengujian yang dilakukan adalah *Per Connection Queue* dengan teknik *simple queue*.

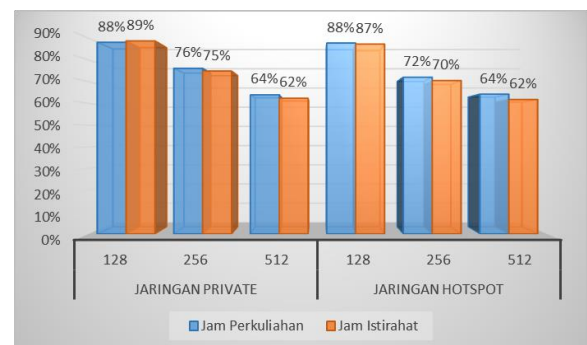
d) Pengujian dilakukan dengan melakukan pengiriman paket data ICMP ke *domain* *www.detik.com* dengan memberikan beban data ukuran 128 bytes, 256 bytes dan 512 bytes.

e) Pengujian dilakukan sesudah dilakukannya implementasi manajemen *bandwidth* dilakukan pada saat waktu perkuliahan dan waktu istirahat.

Tabel 3. Perbandingan *Throughput* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Waktu Pengujian	Jaringan Private			Jaringan Hotspot		
	128	256	512	128	256	512
Jam Perkuliahan	88%	76%	64%	88%	72%	64%
Jam Istirahat	89%	75%	62%	87%	70%	62%

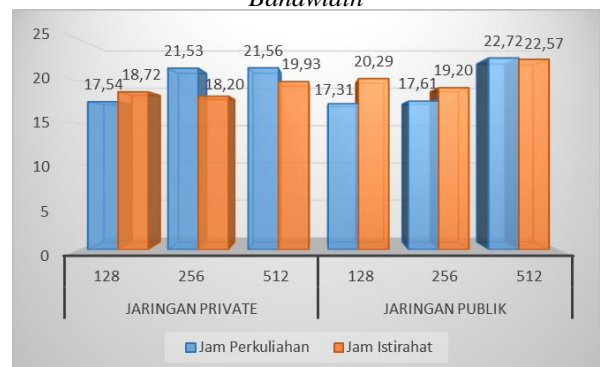
Gambar 4. Grafik Perbandingan *Throughput* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*



Tabel 4. Perbandingan *Delay* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Waktu Pengujian	Jaringan Private			Jaringan Publik		
	128	256	512	128	256	512
Jam Perkuliahan	17,54	21,53	21,56	17,31	17,61	22,72
Jam Istirahat	18,72	18,20	19,93	20,29	19,20	22,57

Gambar 5. Grafik Perbandingan *Delay* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*



Tabel 4.5. Perbandingan *Jitter* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

Waktu Pengujian	Jaringan <i>Private</i>			Jaringan Publik		
	128	256	512	128	256	512
Jam Perkuliahan	0,016	0,672	0,032	-0,143	0,019	0,099
Jam Istirahat	0,013	-0,142	-0,014	0,004	0,014	-0,001

Gambar 4.6. Grafik Perbandingan *Jitter* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*



Tabel 6. Data Jumlah Pengiriman dan Penerimaan Packet Data Pada Jaringan *Private*

Waktu Pengujian	Jaringan <i>Private</i>					
	128		256		512	
	Packet Kirim	Packet Terima	Packet Kirim	Packet Terima	Packet Kirim	Packet Terima
Jam Perkuliahan	166	164	149	145	146	138
Jam Istirahat	164	160	165	163	158	154

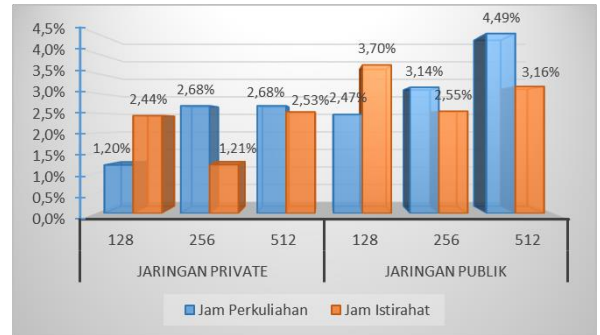
Tabel 7. Data Jumlah Pengiriman dan Penerimaan Packet Data Pada Jaringan Publik

Waktu Pengujian	Jaringan Publik					
	128		256		512	
	Packet Kirim	Packet Terima	Packet Kirim	Packet Terima	Packet Kirim	Packet Terima
Jam Perkuliahan	162	158	159	154	156	149
Jam Istirahat	162	156	157	153	158	153

Tabel 8. Persentase *Packet Loss* Pada Jaringan *Private* dan Jaringan Publik

Waktu Pengujian	Jaringan <i>Private</i>			Jaringan Publik		
	128	256	512	128	256	512
Jam Perkuliahan	1,20%	2,68%	2,68%	2,47%	3,14%	4,49%
Jam Istirahat	2,44%	1,21%	2,53%	3,70%	2,55%	3,16%

- b) dimana hasil ini merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan pada jaringan *private* dan publik di saat jam perkuliahan dan jam istirahat dengan beban data 128 bytes, 256 bytes dan 512 bytes.
- c) Untuk parameter *delay*, hasil pengujian yang diperoleh sebesar 100% untuk kategori sangat



Gambar 7. Grafik Perbandingan *Packet Loss* Pada Jaringan *Private* dan Publik Sesudah Dilakukannya Implementasi Manajemen *Bandwidth*

### KESIMPULAN

- 1) Untuk memaksimalkan hasil implementasi manajemen *bandwidth* yang dilakukan, perlu dilakukan perubahan terhadap topologi jaringan yang ada. Hal ini juga tentunya akan dapat mempermudah *network administrator* untuk melakukan pengembangan terhadap jaringan baik secara *physical* ataupun *logical* dimasa yang akan datang.
- 2) Penerapan metode *Per Connection Queue* yang dilakukan pada saat implementasi manajemen *bandwidth* terbukti mampu meningkatkan kecepatan waktu *download* yang dilakukan oleh masing-masing *client* yang berada pada jaringan *private* dan publik secara signifikan. Hal ini dapat dilihat dari besarnya selisih waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *download* sebuah *file* yang sama sebelum dan sesudah dilakukannya implementasi manajemen *bandwidth*, dimana pada jaringan *private* terjadi peningkatan kecepatan waktu *download* sebesar 501% pada jam perkuliahan dan 500% pada jam istirahat.
- 3) Publik dimana terjadi peningkatan kecepatan waktu *download* sebesar 174% pada jam perkuliahan dan 170% pada jam istirahat.
- 4) Pada pengujian kualitas layanan jaringan yang dilakukan untuk parameter *throughput*, *delay*, *jitter* dan *packet loss* maka hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut
  - a) Untuk parameter *throughput*, hasil pengujian yang diperoleh sebesar 58% untuk kategori sangat bagus dan 42% untuk kategori bagus, bagus, dimana hasil ini merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan pada jaringan *private* dan publik di saat jam perkuliahan dan jam istirahat dengan beban data 128 bytes, 256 bytes dan 512 bytes.
  - d) Untuk parameter *jitter*, hasil pengujian yang diperoleh sebesar 33% untuk kategori sangat bagus dan 67% untuk kategori bagus, dimana hasil ini merupakan hasil yang diperoleh dari

pengujian yang dilakukan pada jaringan *private* dan publik di saat jam perkuliahan dan jam istirahat dengan beban data 128 bytes, 256 bytes dan 512 bytes.

- e) Untuk parameter *packet loss*, hasil pengujian yang diperoleh sebesar 67% untuk kategori sangat bagus dan 33% untuk kategori bagus, dimana hasil ini merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian yang dilakukan pada jaringan *private* dan publik di saat jam perkuliahan dan jam istirahat dengan beban data 128 bytes, 256 bytes dan 512 bytes.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Perwira. I. R., Liantoni. F., Queue Tree Implementation for Bandwidth Management in Modern Campus Network Architecture, KINETIK, Vol. 3, No. 1, Februari 2018.
- [2] Risaldi. M., Ayuningtyas. A., Simulasi Pengendalian Router Mikrotik Menggunakan Android, KINETIK, Vol. 3, No. 1, Februari 2018.
- [3] I Syukur. A., Analisis Management Bandwidth Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dengan Autentikasi RADIUS, IT Journal Research and Development, Vol. 2, No. 2, Maret 2018.
- [4] Arifin. S. A. M., Penerapan Bandwidth Management Untuk Dynamic User Pada Mikrotik Menggunakan Per Connection Queue (PCQ), Jatasi, Vol. 4, No. 2, Maret 2018.
- [5] Ruli. A. A, Fauzi. A., Implementasi Manajemen Bandwidth Mikrotik Menggunakan Metode Per Connection Pada PT Citra Indoutama Cemerlang, Seminar Nasional Teknologi, 2018.
- [6] Riska, Ginta. W. P., Patrick, Analisa dan Implementasi Wireless Extension Point dengan SSID (Service Set Identifier), Jurnal Media Infotama Vol. 13 No. 1, Februari 2017.
- [7] Supendar. H., Handrianto. Y., Simple Queue Dalam Menyelesaikan Masalah Manajemen Bandwidth Pada Mikrotik Bridge, Bina Insani ICT Journal, Vol. 4 No. 1, Juni 2017.
- [8] Sukri, Jumiati, Analisa Bandwidth Menggunakan Metode Antrian Per Connection Queue, Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab, Vol. 2 No. 2, Juli 2017.
- [9] Ardiansa. E. F. G., Primananda. R., Hanafi. H. M., Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik, Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Vol. 1 No. 11, November 2017