

MANAJEMEN BANDWIDTH MELALUI IP FILTER MIKROTIK HAP LITE DI FT UNISKA

¹Novi Ari Saputro

¹ Teknik Elektro, Fakultas Teknk Universitas Islam Kadiri

¹nopiari75@gmail.com

Article Info

Article history:

Received September 10th, 2021

Revised October 13th, 2021

Accepted October 19th, 2021

Keyword:

Mikrotik Hap Lite

QoS

Throughput

Packet Loss

Delay

Jitter

ABSTRACT

Bandwidth management for clients connected to the internet network is needed in the upload and download process. In this study used additional devices in the form of a mikrotik router and research sites at the Faculty of Engineering UNISKA, Kediri. The study discusses Quality of Service (QoS) with 4 indicators, namely throughput, packet loss, delay, and jitter. The results showed that the speedtest application bandwidth did not exceed the specified limit. And in the wireshark application, it is shown that the calculation of QoS throughput for each user is not more than 100 Kbps, then the standard parameters according to TIPHON are categorized as "BAD" with an index of "0". In the QoS packet loss, each user gets a value of 0, then the standard parameters according to TIPHON are categorized as "PERFECT" with the index "4". In the QoS delay, each user gets a value less than 100 s, then the standard parameters according to TIPHON are categorized as "PERFECT" with the index "4". And on the QoS jitter of each user, the value is below the number 1, then the standard parameters according to TIPHON are categorized as "GOOD" with an index of "3".

Corresponding Author: Novi Ari Saputro

Teknik Elektro, Fakultas Teknk Universitas Islam Kadiri

nopiari75@gmail.com

Abstrak—Manajemen bandwidth untuk client yang terhubung pada jaringan internet sangat dibutuhkan dalam proses upload dan download. Dalam penelitian ini digunakan perangkat tambahan berupa router mikrotik dan lokasi penelitian di Fakultas Teknik UNISKA, Kediri. Penelitian membahas tentang Quality of Service (QoS) dengan 4 indikator yaitu throughput, packet loss, delay, dan jitter. Hasil penelitian menunjukkan pada aplikasi speedtest bandwidth tidak melebihi batas limit yang ditentukan. Serta pada aplikasi wireshark ditunjukkan perhitungan QoS Throughput setiap user didapatkan tidak lebih dari 100 Kbps, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan "BAD" dengan index "0". Pada QoS packet loss setiap user didapatkan nilai 0, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan "PERFECT" dengan index "4". Pada QoS delay setiap user didapatkan nilai kurang dari 100 s, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan "PERFECT" dengan index "4". Dan pada QoS jitter setiap user didapatkan nilai dibawah angka 1, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan "GOOD" dengan index "3".

I. Pendahuluan

Manajemen bandwidth adalah suatu cara yang dapat digunakan untuk manajemen dan mengoptimalkan berbagai jenis jaringan dengan menerapkan layanan Quality of Service (QoS) untuk menetapkan tipe-tipe lalu lintas jaringan. Sedangkan QoS adalah kemampuan untuk menggambarkan

suatu tingkatan pencapaian didalam suatu sistem komunikasi data [1]. Jaringan internet yang memiliki kapasitas user yang besar sangat terganggu bila tanpa adanya manajemen bandwidth, akibatnya penggunaan bandwidth internet tidak terbagi merata, serta traffic internet tidak tertata. Hal ini mengakibatkan akses internet mejadi kurang optimal.

Mikrotik adalah sistem operasi Linux base yang diperuntukkan sebagai network router, serta didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunaannya [2]. Akses mikrotik dapat menggunakan aplikasi windows application (WInBox). Selain dipakai instalasi (setting bandwidth) dapat pula dilakukan pada standart komputer (PC). Mikrotik terbagi menjadi 2 yaitu mikrotik Router OS dan mikrotik Router Board.

Mikrotik hap lite merupakan mikrotik router board yang termasuk dalam tipe 900 yang memungkinkan dapat digunakan dalam berbagai kondisi. Dan juga didukung dengan support berbagai fitur aplikasi router OS, serta dapat diaplikasi di rumah maupun kantor.

Quality of Service (QoS) adalah metode pengukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan sebuah jaringan seperti aplikasi jaringan, router dengan tujuan memberikan network service yang lebih baik dan terencana sehingga dapat memenuhi kebutuhan suatu layanan [3]. Tujuan dari QoS

menawarkan kemampuan untuk mengartikan indikator layanan yang disediakan, baik itu berupa kualitatif maupun kuantitatif, serta menyediakan kualitas layanan yang berbeda-beda berdasarkan kebutuhan layanan di dalam jaringan tersebut.

Indikator QoS terbagi menjadi 4 yaitu Throughput : kemampuan sebenarnya suatu jaringan dalam melakukan pengiriman data, Jitter : variasi atau perubahan latency dari delay atau variasi waktu kedatangan paket, Packet loss : parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, Delay : total waktu tunda suatu paket yang diakibatkan oleh proses transmisi dari satu titik ke titik lain yang menjadi tujuannya [4].

II. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini penulis menggunakan penelitian kuantitatif yaitu penelitian yang berupa data angka dari penelitian yang dilakukan oleh peneliti. Adapun metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode deskriptif. Metode deskriptif, dapat diartikan sebagai prosedur atau cara memecahkan masalah penelitian dengan memaparkan keadaan objek yang diselidiki.

A. Bahan Penelitian

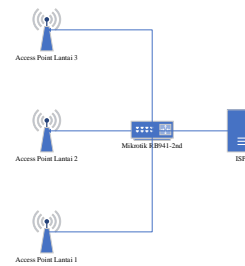
Analisa kebutuhan penelitian dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan bandwidth yang dipakai di Fakultas Teknik Universitas Islam Kadiri, kebutuhan komponen perangkat keras (hardware) antara lain Mikrotik Routerboard RB941-2nd, Kabel UTP, RJ 45, Tang crimping, Tester. dan kebutuhan perangkat lunak (software) antara lain OS Mikrotik, Virtual Box, Winbox, dan Cisco Packet Tracer.

B. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dibagi dalam dua tahapan, yaitu rancangan topologi jaringan serta rancangan hardware dan software.

1. Rancangan Topologi Jaringan

Topologi jaringan terbagi menjadi 7 yaitu topologi ring, bus, star, mesh, tree, peer to peer, serta linier [5]. Rancangan topologi yang dipakai penelitian yaitu topologi star yang memiliki kelebihan dibanding dengan topologi yang lain antara lain tetap berjalan dengan baik walaupun ada salah satu client yang bermasalah, tingkat keamanan data cukup baik, pengguna lebih mudah mendeteksi masalah pada jaringan, serta lebih fleksibel.



Gambar 1. Rancangan Topologi Star [5]

Terlihat gambar 1 dibentuk sesuai kebutuhan di FT UNISKA. Dengan pembagian sesuai jumlah lantai di Gedung Fakultas dengan membagi setiap lantai diberi 1 access point.

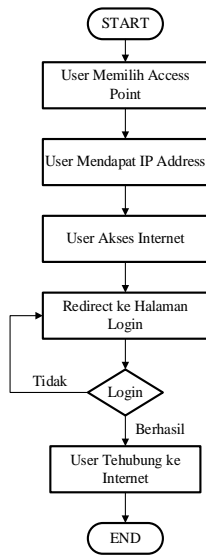
2. Rancangan Hardware dan Software

Rancangan hardware dibagi dalam beberapa konfigurasi antara lain : konfigurasi router utama, konfigurasi hotspot, konfigurasi user, integrasi hotspot mikrotik dengan user profile, dan setting batasan user profil.

Konfigurasi router utama harus dilakukan pemilihan port pada routerboard yang akan disambungkan serta dilakukan setting DHCP server pada port yang akan ditempati sebagai port masuk dari layanan provider. Setelah itu, konfigurasi hotspot yang bertujuan untuk memudahkan pemasangan router client. Kemudian konfigurasi user untuk memudahkan mengakses hotspot yang disiapkan sebelumnya.

Konfigurasi selanjutnya yaitu integrasi hotspot mikrotik dengan user profil yang ditujukan untuk membatasi penggunaan koneksi internet dengan otentifikasi menggunakan halaman login pada web browser, serta dilakukan setting manajemen bandwidth pada mikrotik. Selanjutnya setting batasan user profil untuk membatasi akses penggunaan melalui bandwidth tanpa batasan waktu.

Rancangan software membutuhkan winbox yang support dengan Mikrotik OS yang terdapat didalam Routerboard dan add-on untuk user manager. Sistem yang digunakan disini adalah hotspot mikrotik dengan sistem login, adapun flowchart yang digunakan sebagai berikut.



Gambar 2. Flowchart Sistem Jaringan

C. Manajemen Bandwith

Manajemen bandwith dilakukan pada dua konfigurasi, yaitu IP adres serta limitasi user.

1. IP Address

Setting IP Address harus dibagi sesuai jumlah maksimal yang memakai dalam akses jaringan internet agar tidak terjadi konflik. IP digunakan untuk pengalamatan sebuah perangkat sehingga perlu dirancang sedemikian rupa agar lebih memudahkan dalam implementasi. Berikut ini rancangan IP yang digunakan dalam bentuk tabel.

Tabel 1. Rancangan IP Address

Interface	IP Address	Netmask	Gateway
Ethernet 1	DHCP	DHCP	DHCP
Ethernet 2	192.168.30.1/24	255.255.255.0	192.168.30.1
Ethernet 3	192.168.30.1/24	255.255.255.0	192.168.30.1
Ethernet 4	192.168.30.1/24	255.255.255.0	192.168.30.1
WLAN Interface	192.168.30.1/24	255.255.255.0	192.168.30.1

Terlihat pada tabel 1 untuk Ethernet 3 dan tidak diberikan alamat IP karena tiga port ini masih belum digunakan, nantinya akan diperlukan jika ada penambahan jaringan yang lebih kompleks lagi. Pada ethernet1 dituliskan DHCP karena nantinya untuk Ethernet1 akan diaktifkan fitur DHCP Client agar nantinya lebih mudah jika router dipindah ke router lain atau langsung dari modem. Namun ada beberapa kelemahan diantaranya adalah harus setting ulang IP pada User Manager dengan IP baru, jika dipindah.

2. Limitasi User

Limitasi user penulis memberikan 1 user di setiap jurusan yang nantinya bisa digunakan untuk login bersamaan. Hal ini memudahkan admin jaringan dalam memonitor siswa

mana yang sedang menggunakan hotspot. Berikut ini tabel perancangan user.

Tabel 2. User dan Password pada setting 1

Nama User	Password	Limitasi	Masa Aktif
dosen	dosen	4M / 4M	Unlimited
staff	staff	2M / 2M	Unlimited
mahasiswa	mahasiswa	4M / 4M	Unlimited

Terlihat pada tabel 2 pembagian bandwith terbagi menjadi 3 yaitu dosen, staff, dan mahasiswa. Dengan limitasi dengan perbandingan upload = download. Terlihat pada bagian mahasiswa dan dosen lebih besar dari staff. Hal ini dikarenakan akses mahasiswa dan dosen lebih besar dari pada staff.

Tabel 3. User dan Password pada setting 2

Nama User	Password	Limitasi	Masa Aktif
dosen	dosen	4M / 10M	Unlimited
staff	staff	2M / 10M	Unlimited
mahasiswa	mahasiswa	4M / 10M	Unlimited

Terlihat pada tabel 3 pembagian bandwith terbagi menjadi 3 yaitu dosen, staff, dan mahasiswa. Dengan limitasi dengan perbandingan upload =< download, dengan tujuan ketika pengguna terus bertambah maka bandwith akan terbagi sendiri.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian

Penelitian ini menggunakan Internet Service Provider (ISP) dari Telkom yaitu indihome dengan paket up to 10 Mbps. Dalam setting mikrotik peneliti menggunakan 2 model setting mikrotik antara lain pembagian bandwidth di user profile dan pembagian bandwidth menggunakan mark packet serta queue tree, dengan manajemen bandwidth seperti berikut.

- Pembagian bandwidth di user profile, untuk setting ini peneliti memberikan bandwidth untuk tiap user profile dengan perbandingan 1 : 1, tanpa memberi setting variasi yang lain. Dengan rincian pembagian sebagai berikut.
 - Mahasiswa = 4M / 4M
 - Dosen = 4M / 4M
 - Staff = 2M / 2M
- Pembagian bandwidth menggunakan mark packet dan queue tree, untuk setting ini peneliti memberikan bandwidth pada pilihan mark packet dan queue tree. Manajemen bandwidthnya untuk receivernya lebih

besar dari transmitternya. Dengan rincian pembagian sebagai berikut.

- Mahasiswa = 4M / 10M
- Dosen = 4M / 10M
- Staff = 2M / 10M

Pada pengujian penelitian ini peneliti memakai 1 laptop dan 1 smartphome dengan menggunakan parameter pengukuran antara lain menggunakan aplikasi speedtest dan aplikasi wireshark. Berikut hasil pengujian penelitian sebagai berikut.

1. Pengujian pada *setting* pembagian *bandwidth* pada *user* profil

a. Mahasiswa



Gambar 3. Pengukuran Mahasiswa Setting 1 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 42804,1981 byte/s = 42,804 Kbps
 Packet Loss = 0%
 Delay = 70,412843 s
 rata-rata delay = 0,018370165 s = 18,37 ms
 Jitter = 0,311058 s
 rata-rata jitter = 0,00008117 s = 0,08117 ms

b. Dosen



Gambar 4. Pengukuran Dosen Setting 1 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 55668,77952 byte/s = 55,668 Kbps
 Packet Loss = 0%
 Delay = 80,049117 s
 rata-rata delay = 00,013370489 s = 13,37 ms
 Jitter = 0,035339 s
 rata-rata jitter = 0,000005904 s = 0,005904 ms

c. Staff



Gambar 5. Pengukuran Staff Setting 1 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 2427,23363 byte/s = 2,427 Kbps
 Packet Loss = 0%
 Delay = 76,031087 s
 rata-rata delay = 0,097978205 s = 97,98 ms
 Jitter = 0,718202 s
 rata-rata jitter = 0,000926712 s = 0,9267 ms

2. Pengujian pada *setting* pembagian *bandwidth* menggunakan *mark packet* dan *queue tree* menggunakan *mark packet* dan *queue tree*

a. Mahasiswa



Gambar 6. Pengukuran Mahasiswa Setting 2 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 43884,3963 byte/s = 43,884 Kbps
 Packet Loss = 0%
 Delay = 64,730036 s
 rata-rata delay = 0,020215502 s = 20,22 ms
 Jitter = 2,124228 s

rata-rata jitter = 0,000663614 s = 0,6636 ms

b. Dosen



Gambar 7. Pengukuran Dosen Setting 2 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 38159,2328 byte/s = 38,159 Kbps

Packet Loss = 0%

Delay = 70,605057 s

rata-rata delay = 0,020215502 s = 20,22 ms

Jitter = 0,288566 s

rata-rata jitter = 0,00008744424 s = 0,0874 ms

c. Staff



Gambar 8. Pengukuran Staff Setting 2 Speedtest dan Wireshark 2.6

Perhitungan wireshark 2.6 mengikuti metode standar TIPHON

Throughput = 33956,8991 byte/s = 33,957 Kbps

Packet Loss = 0%

Delay = 76,66678 s

rata-rata delay = 0,025857261 s = 25,85 ms

Jitter = 0,121289 s

rata-rata jitter = 0,0000442282726 s = 0,0443 ms

B. Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Dengan Speedtest

NO	Nama Perangkat	IP Address	User Login	Model	Pengukuran bandwidth (Mbps)	
					Download	Upload
1	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	mahasiswa	Setting 1	3,74	1,82
2	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	mahasiswa		3,87	1,55
3	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	dosen		3,37	1,25
4	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	dosen		3,87	1,62
5	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	staff		1,93	1,77
6	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	staff	Setting 2	1,99	1,60
7	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	mahasiswa		8,23	1,83
8	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	mahasiswa		8,54	1,64
9	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	dosen		7,99	1,46
10	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	dosen		8,60	1,66
11	Laptop Asus X441U	192.168.30.245	staff	Setting 2	6,70	1,56
12	HP Asus Max Pro M1	192.168.30.242	staff		5,75	1,75

Pada tabel 4 dapat dijelaskan bahwa pengolahan bandwidth dengan menggunakan batas limit yang dilakukan pada 2 model manajemen yang ada di atas akan mengalami penggunaan bandwidth yang merata tidak melebihi batas yang ditentukan sebelumnya kepada setiap user dari mahasiswa, dosen dan staff. Dengan demikian tidak menyebabkan terjadinya pemakaian bandwidth yang berlebihan atau bandwidth overload.

Tabel 5. Hasil QoS Throughput Dengan Wireshark

No	User Login	IP Address	Model	Throughput (Kbps)	Index	Kategori
1	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 1	42,804	0	Bad
2	dosen	192.168.30.245		55,668	0	Bad
3	staff	192.168.30.245		2,427	0	Bad
4	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 2	43,884	0	Bad
5	dosen	192.168.30.245		38,159	0	Bad
6	staff	192.168.30.245		33,957	0	Bad

Pada tabel 5 menunjukkan perhitungan Quality of Service (QoS) Throughput pada setiap user yang didapatkan tidak lebih dari 100 Kbps. Perhitungan QoS Throughput didapatkan pada kategori "BAD" dengan nilai index "0", karena perhitungan yang didapatkan pada range 0 – 338 Kbps. Hal ini dipengaruhi oleh internet kurang lancar dan perangkat yang mendukung masih dibawah rata-rata.

Tabel 6. Hasil QoS Packet Loss Dengan Wireshark

No	User Login	IP Address	Model	Packet Loss	Index	Kategori
1	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 1	0%	4	Perfect
2	dosen	192.168.30.245		0%	4	Perfect
3	staff	192.168.30.245		0%	4	Perfect
4	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 2	0%	4	Perfect
5	dosen	192.168.30.245		0%	4	Perfect
6	staff	192.168.30.245		0%	4	Perfect

Pada tabel 6 menunjukkan perhitungan Quality of Service (QoS) packet loss pada setiap user mendapatkan nilai 0%. Maka didapatkan pada kategori "PERFECT" dengan nilai index "4". Artinya pada penelitian manajemen bandwidth tidak ditemukan data paket yang hilang.

Tabel 7. Hasil QoS Delay Dengan Wireshark

No	User Login	IP Address	Model	Delay (s)	Index	Kategori
1	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 1	70,413	4	Perfect
2	dosen	192.168.30.245		80,049	4	Perfect
3	staff	192.168.30.245		76,031	4	Perfect
4	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 2	64,73	4	Perfect
5	dosen	192.168.30.245		70,605	4	Perfect
6	staff	192.168.30.245		76,667	4	Perfect

Pada table 7 menunjukkan perhitungan Quality of Service (QoS) delay pada setiap user mendapatkan nilai masih dibawah 100 s. Maka mendapatkan kategori “PERFECT” dengan nilai index “4” dengan range < 150 s. Artinya waktu tunda pengiriman paket data sangat kecil sehingga akses internet sangat lancar dan stabil.

Tabel 8. Hasil QoS Jitter Dengan Wireshark

No	User Login	IP Address	Model	Jitter (ms)	Index	Kategori
1	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 1	0,08117	3	Good
2	dosen	192.168.30.245		0,005904	3	Good
3	staff	192.168.30.245		0,9267	3	Good
4	mahasiswa	192.168.30.245	Setting 2	0,6636	3	Good
5	dosen	192.168.30.245		0,0874	3	Good
6	staff	192.168.30.245		0,08117	3	Good

Pada tabel 8 menunjukkan perhitungan Quality of Service (QoS) delay pada setiap user mendapatkan nilai masih dibawah 1 ms. Maka mendapatkan kategori “GOOD” dengan nilai index “3” dengan range 0 – 75 ms. Artinya variasi kedatangan data paket pada terminal tujuan sangat cepat sehingga akses internet lancar dan stabil.

Analisa manajemen *bandwidth* pada setting 1 dan setting 2 memiliki perbedaan pada Quality of Service (QoS) *Throughput*, dilihat dari table 6 hasil *Throughput* pada setting 2 lebih baik dari setting 1. Hal ini dipengaruhi oleh perbedaan manajemen bandwidth antara setting 1 dan setting 2. Setting 1 hanya membatasi user profile sedangkan setting 2 menggunakan fungsi mark packet dan queue tree, tentunya pada setting 2 pembagian lebih stabil dari setting 1. Artinya pada setting 2 dan setting 1 untuk akses internet setting 2 lebih optimal daripada setting 1.

Dalam analisa ini, secara umum nilai *throughput* pada setting 2 lebih besar dibandingkan dengan nilai *throughput* pada setting 1. Hal ini berkaitan dimana pada dasarnya setting 1 untuk satu antrian hanya membatasi trafik 2 arah (*upload* dan *download*), sementara pada setting 2 *upload* dan *download* dibedakan dengan masing-masing konfigurasi. Selain itu, penurunan nilai *throughput* dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya perangkat jaringan, topologi jaringan atau induksi listrik dan cuaca.

Untuk *Quality of Service* (QoS) *packet loss*, *delay*, dan *jitter* didapatkan perhitungan yang selisih yang sangat sedikit. Pada setting 1 dan setting 2 untuk pengiriman data dan penerimaan data sangat cepat dan stabil.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti tentang Analisa Manajemen Bandwidth Indihome melalui IP Filter menggunakan Mikrotik Hap Lite di FT UNISKA, maka ditarik bahwa :

1. Perancangan setting manajemen bandwidth dibuat dengan 2 model setting antara lain manajemen bandwidth pada user profile dan manajemen bandwidth menggunakan mark packet dan queue tree.

2. Pengujian Quality of Service (QoS) dari kedua model setting menggunakan aplikasi speedtest dan wireshark versi 3.2.6. Pada pengujian menggunakan aplikasi speedtest bandwidth tidak melebihi batas limit yang ditentukan. Pada pengujian menggunakan aplikasi wireshark ditunjukkan perhitungan QoS *Throughput* setiap user didapatkan tidak lebih dari 100 Kbps, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan “BAD” dengan index “0”. Pada QoS *packet loss* setiap user didapatkan nilai 0, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan “PERFECT” dengan index “4”. Pada QoS *delay* setiap user didapatkan nilai kurang dari 100 s, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan “PERFECT” dengan index “4”. Dan pada QoS *jitter* setiap user didapatkan nilai dibawah angka 1, maka parameter standar menurut TIPHON dikategorikan “GOOD” dengan index “3”.
3. Pada perancangan manajemen bandwidth di penelitian ini sudah optimal. Hal ini dibuktikan dengan pengujian Quality of Service (QoS) menggunakan aplikasi speedtest dan wireshark versi 3.2.6. Hasil kedua aplikasi menunjukkan bandwidth tidak melebihi batas limit yang ditentukan pada perancangan.

V. Daftar Pustaka

- [1] Saputra, R., “Bandwidth Managemen Mikrotik”, Team Oksigen Office, Jakarta, 2012.
- [2] Athailah, “Mikrotik Untuk Pemula”, Penerbit Mediakita, Jakarta, 2013.
- [3] Gunawan, A. H., “Quality of Service dalam Data Komunikasi. Online”, 2008.
- [4] Sofana, Iwan, “Teori dan Modul Praktikum Jaringan Komputer”, Bandung, Modula, 2011.
- [5] Jusak, “Teknologi Komunikasi Data Modern”, Penerbit ANDI, Surabaya, 2012.