

IMPLEMENTASI MANAJEMEN BANDWIDTH DAN FIREWALL MENGUNAKAN MIKROTIK ROUTER PADA INFRASTRUKTUR JARINGAN DI SMA BUDI MULIA JAKARTA

Gerry Lienardy¹⁾, Andy Dharmalau²⁾, Nur Sucahyo³⁾, Indra Hiswara⁴⁾

^{1,2,4}Prodi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

³Prodi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi, ITB Swadharma

Correspondence author: A.Dharmalau, andy.d@swadharma.ac.id, Jakarta, Indonesia

Abstract

Bandwidth management is a way to optimize network traffic by implementing Quality of Services (QoS). SMA Budi Mulia has a network that is often complained about by users, with issues such as being unable to connect to the network, unstable internet connections, uneven download, upload, and streaming speeds for each user, and poor network security. This research aims to design a network with a bandwidth management and firewall system using Mikrotik. The research results show that the implementation of bandwidth management and firewall with MikroTik has enhanced security and optimized network traffic.

Keywords: bandwidth management, quality of services, mikrotik, network

Abstrak

Manajemen *bandwidth* merupakan cara untuk mengoptimalkan lalu lintas jaringan dengan penerapan layanan *Quality of Services* (QoS). SMA Budi Mulia memiliki jaringan yang sering dikeluhkan oleh pengguna, masalah yang terjadi antara lain pengguna yang tidak dapat terhubung ke jaringan, koneksi internet yang tidak stabil, besaran *download*, *upload* dan *streaming* untuk setiap pengguna tidak merata, dan tingkat keamanan jaringan yang kurang baik. Penelitian ini bertujuan merancang sebuah jaringan dengan sistem manajemen *bandwidth* dan *firewall* menggunakan mikrotik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan manajemen *bandwidth* dan *firewall* dengan mikrotik telah mampu meningkatkan keamanan dan mengoptimalkan lalu lintas jaringan.

Kata Kunci: manajemen, *bandwidth*, *firewall*, mikrotik

A. PENDAHULUAN

Ukuran besarnya saluran transmisi tempat lewatnya paket data ditentukan oleh lebar pita atau biasa disebut *bandwidth*. Masalah yang sering terjadi pada sebuah jaringan komputer adalah terjadi tumpukan paket data (Haqqi & Badrul, 2016) pada jalur yang sama disebabkan oleh banyaknya pengguna pada

waktu bersamaan. Jaringan komputer adalah kumpulan beberapa komputer, dan perangkat lain seperti *Router*, *Switch* dan sebagainya (Dharmalau et al., 2022; Ismail et al., 2021).

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kemacetan paket data ini adalah dengan melakukan manajemen *bandwidth*. Manajemen *bandwidth* merupakan cara untuk mengoptimalkan

jaringan dengan penerapan layanan *Quality of Services (QoS)* untuk menentukan jenis lalu lintas jaringan (Mariyanto & Maslan, 2023).

Manajemen *Bandwidth* menjadi hal yang mutlak diperlukan bagi jaringan, semakin banyak dan variasi aplikasi yang dapat dilayani oleh suatu jaringan, berpengaruh pada penggunaan link dalam jaringan tersebut. Banyak kasus ditemukan seperti pengguna yang tidak diketahui karena tidak adanya sistem yang mengatur, sehingga membuat sembarang orang dapat masuk dan menggunakan *bandwidth* pada suatu tempat yang tentunya merugikan pihak tertentu..

Diperlukan sebuah alat yang dapat mengatur koneksi sebuah jaringan dikenal dengan *Router*, memiliki fungsi untuk mengatur koneksi dalam suatu jaringan. Namun tanpa metode, teknik, dan perhitungan *delay* yang baik, jaringan tidak akan berfungsi secara optimal. *Router* adalah perangkat jaringan komputer yang digunakan untuk menghubungkan beberapa jaringan (Gerald et al., 2020), baik jaringan yang sama maupun berbeda dari segi teknologinya seperti menghubungkan jaringan dengan topologi *Bus*, *Star* dan *Ring* (Suryantoro et al., 2021).

Router Mikrotik merupakan sistem operasi yang mencakup berbagai fitur lengkap untuk jaringan *wireless* (Hasrul & Lawani, 2017). Mikrotik dapat juga berfungsi sebagai firewall bagi komputer user agar bisa mengakses data internet maupun data lokal. *Mikrotik* bertujuan mengatur *bandwidth* serta melakukan manajemen jaringan komputer (Doni et al., 2023). *Router Mikrotik* ditempatkan sebagai *gateway* suatu jaringan (Taufiqurrochman et al., 2023). Komputer *gateway* tersebut berfungsi mendistribusikan data keluar masuknya dari dan ke komputer lainnya sehingga seluruh komputer dapat mengakses data bersama-sama seperti *internet sharing*. *Router* mikrotik adalah perangkat lunak atau perangkat keras yang menawarkan layanan manajemen bandwidth (Doni et al., 2023; Mariyanto & Maslan, 2023).

SMA Budi Mulia adalah salah satu satuan pendidikan dengan jenjang SMA di Jakarta. Sekolah ini memiliki Jaringan Internet yang tidak selalu memberikan akses yang baik. Masalah yang sering dikeluhkan adalah banyak user yang tidak dapat terhubung ke jaringan internet ketika terjadi peningkatan jumlah user yang menggunakan internet dalam waktu yang bersamaan. Koneksi internet yang tidak stabil mengakibatkan user mengalami kesulitan untuk menggunakan fasilitas internet yang telah disediakan oleh sekolah. Selain itu besaran *download*, *upload* dan *streaming* untuk setiap pengguna tidak merata. Hal ini disebabkan oleh, belum adanya pembatasan maksimal dan minimalnya *bandwidth* untuk setiap pengguna. Sehingga kecepatan akses internet ketika melakukan *download*, *upload* dan *streaming* oleh pengguna tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pihak sekolah.

Disamping masalah yang telah diuraikan, jaringan yang ada di sekolah memiliki tingkat keamanan yang kurang baik. Hal ini disebabkan pengguna yang tidak waspada saat melakukan *download* file dari situs web yang berpotensi terdapat *malware* di dalamnya yang beresiko terhadap perangkat jaringan yang ada. Selain itu sering muncul konten atau iklan dewasa pada saat melakukan browsing di situs web yang dimana hal tersebut tidak sesuai dengan peraturan sekolah.

Menurut penelitian yang telah dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada jaringan yang terjadi antara lain dirumuskan oleh (Aji & Kharisma, 2019), hasil akhir dari penelitian tersebut didapatkan informasi bahwa jaringan komputer yang dirancang akan lebih efektif jika disesuaikan dengan kebutuhan pengguna jaringan tersebut, efektifitas jaringan komputer akan meningkat jika digunakan metode dan konfigurasi yang tepat. Pengelolaan *bandwidth* digunakan untuk membagi jaringan agar pengguna bisa mendapatkan akses internet dengan baik tanpa harus merasakan *delay* dari jaringan. Penelitian lain oleh (Prasetya,

2020) mendapatkan bahwa jaringan komputer akan lebih efektif dengan adanya pembagian *bandwith* sehingga pengguna bisa menggunakan jaringan komputer dengan baik. Manajemen *bandwidth* membuat penggunaan jaringan bisa lebih stabil dan baik sehingga tidak menimbulkan *delay*.

Berdasarkan hasil dari penelitian terdahulu maka diperlukan sebuah manajemen *bandwidth* dan sistem *firewall* pada infrastruktur jaringan di sekolah ini untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi saat ini. Tujuan penelitian ini untuk merancang sebuah jaringan dengan sistem manajemen *bandwidth* dan *firewall* menggunakan mikrotik agar pengguna mendapatkan kecepatan internet sesuai kebutuhannya.

B. METODE PENELITIAN

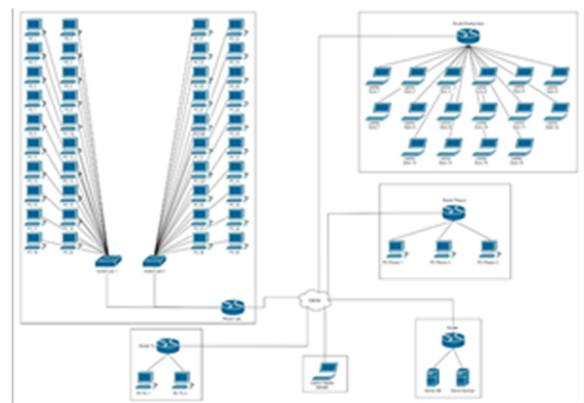
Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif, merupakan metode yang dilakukan dengan melakukan pengamatan yang mendalam, sehingga dapat menghasilkan kajian atas suatu fenomena yang lebih komprehensif (Sugiyono, 2021).

Teknik mengumpulkan data yang digunakan antara lain sebagai berikut :

1. Observasi: dilakukan dengan cara melakukan pengamatan terhadap kecepatan internet yang tersedia serta melakukan pengecekan pengaturan jaringan yang ada di dalam Mikrotik Routerboard.
2. Wawancara: mendapatkan informasi dengan cara bertanya langsung kepada staf yang bersangkutan.
3. Studi kepustakaan dilakukan dengan melakukan *searching* di Internet, membaca berbagai jurnal dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, mendatangi perpustakaan, membaca buku buku referensi dan lainnya.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan perancangan Jaringan yang digunakan pada SMA Budi Mulia adalah *client server*. Jaringan di SMA Budi Mulia memakai 1 ISP yaitu IndiHome, terpasang enam buah *access point* sebagai WiFi masing-masing dua buah per lantai. *Bandwidth* yang didapat dari ISP sebesar 100 Mbps dengan jumlah *client* yang dapat menggunakan akses internet sebanyak 200 pengguna. Gambar 1. merupakan topologi jaringan yang berjalan saat ini.



Gambar 1. Topologi Jaringan SMA Budi Mulia

Sekolah ini masih belum memiliki fitur keamanan yang berjalan untuk proses pertukaran data, maka dari itu dibuatlah *firewall* menggunakan mikrotik router dengan *winbox* untuk mengatur *bandwidth* dan ip jaringan sehingga dapat menjamin keamanan atas amannya data atau file yang ada.

Analisis Permasalahan

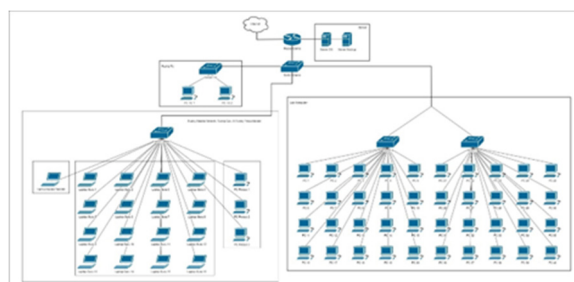
Analisis permasalahan dilakukan dengan metode *SWOT* (*Strength, Weakness, Opportunity, dan Threats*) berikut hasil analisisnya:

Tabel 1. Hasil Analisa SWOT

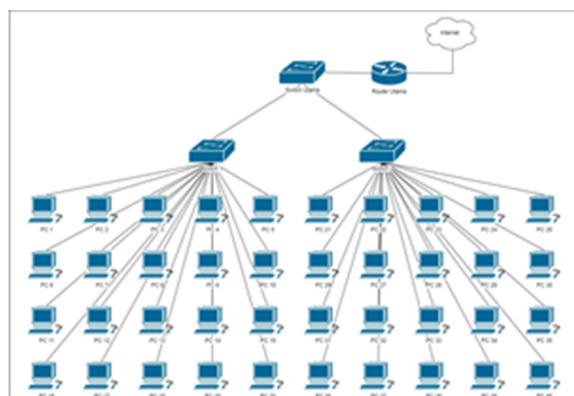
Internal	Strength	Weakness
	PC sudah terhubung internet. Memiliki infrastruktur hardware jaringan yang sedang digunakan saat ini.	Minimnya SDM yang ahli dibidang Komputer dan Jaringan. Manajemen Jaringan masih belum dikelola dengan baik.
External		
Opportunities	Strategi S-O	Strategi W-O
Teknologi jaringan komputer sangat cepat perkembangannya. Adanya dukungan yayasan untuk meningkatkan infrastruktur jaringan komputer.	Membangun manajemen jaringan. Mengatur koneksi jaringan internet agar koneksi lebih baik dan tidak terjadi perebutan <i>bandwidth</i> .	Pengelolaan jaringan untuk menstabilkan jaringan. Pelatihan SDM IT Pemanfaatan <i>winbox</i> sebagai <i>remote control</i> dalam konfigurasi.
Threats	Strategi S-T	W-T
Jaringan dapat tidak stabil setiap waktu. Performa jaringan yang menurun.	Menambah <i>Router</i> yaitu MikroTik melakukan konfigurasi jaringan.	Pengecekan rutin terhadap setiap komputer dan koneksi jaringan agar bekerja secara maksimal. Melatih SDM di internal di bidang Komputer dan Jaringan.

Rancangan Topologi Jaringan Yang Baru

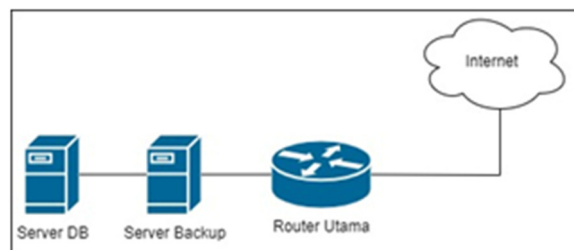
Untuk mendukung perancangan dan pemantauan jaringan pada SMA Budi Mulia, maka dibuat gambar dari rancangan topologi untuk di jadikan sebagai model yang akan digunakan dalam melakukan pengaturan jaringan. Berikut ini adalah topologi jaringan usulan.



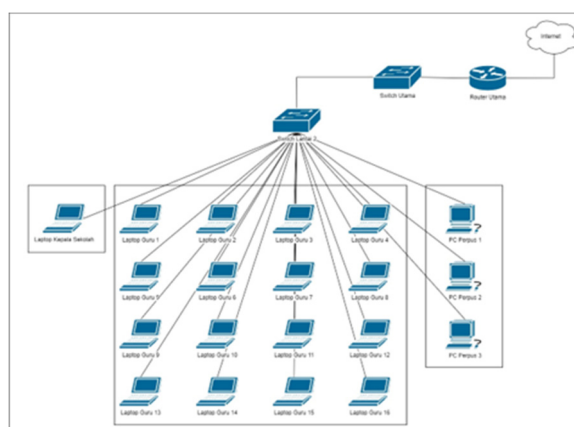
Gambar 2. Jaringan Usulan



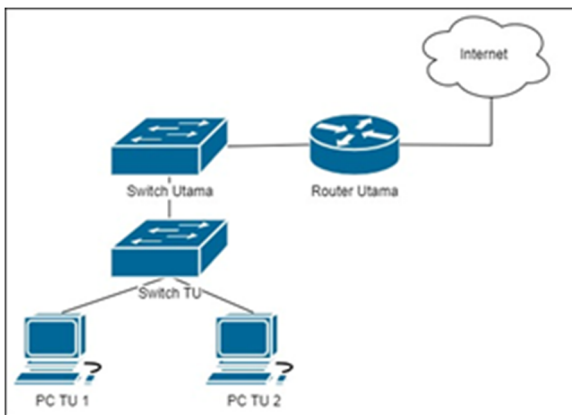
Gambar 3. Jaringan Ruang Lab (Lantai 3)



Gambar 4. Jaringan Ruang Server (Lantai 3)



Gambar 5. Jaringan Ruang Kepala Sekolah, Ruang Guru & Ruang Perpustakaan (Lantai 2)



Gambar 6. Jaringan Ruang Tata Usaha (Lantai 1)

Rancangan IP Address

Untuk penentuan *IP Address* yang digunakan, ada beberapa hal yang diperhatikan yaitu :

IP Address harus berupa *IP Public* dikarenakan penggunaannya menyesuaikan dengan IP yang diberikan oleh ISP yang digunakan.

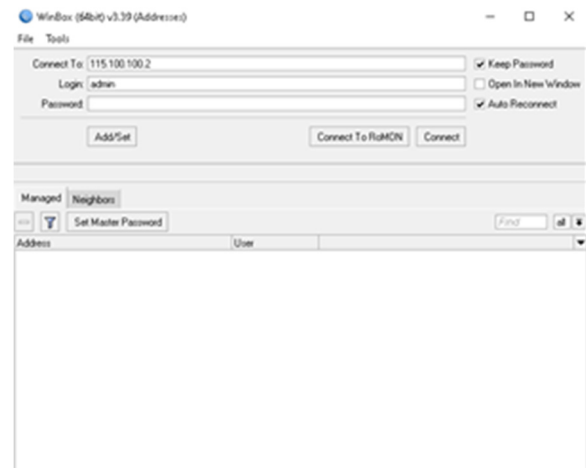
Penggunaan *IP Address* untuk *client* diatur secara otomatis menggunakan DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*)

Berikut ini adalah *IP Address* yang digunakan yaitu *IP Address Kelas C* (192.168.0.0 – 192.168.255.255) dengan jumlah *network* sebanyak 1 *network*.

Rancangan Konfigurasi Limitasi Bandwidth dan Firewall

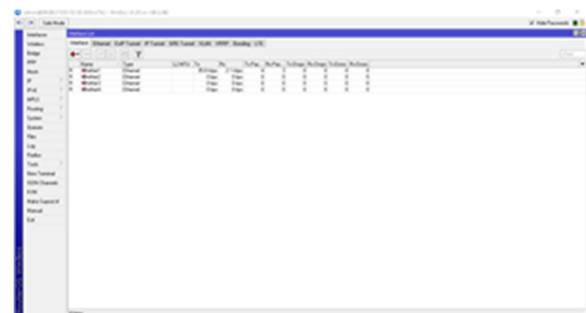
Konfigurasi pengujian awal mikrotik router harus terakses dengan internet dengan pengujian yang mengatur DHCP, DNS dan *MAC ADDRESS* yang sudah diaktifkan pada mikrotik, pengujian dilakukan dengan *test ping* ke mikrotik serta memblokir ip address yang sudah terdapat di DHCP mikrotik.

Dalam penggunaan *WinBox* dibutuhkan alamat IP router, IP user beserta password dari router yang akan diremote seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Aplikasi Winbox

Pada tampilan *interface* terdapat beberapa *port* yang terdeteksi oleh perangkat *router* dan dapat dilihat apakah *port* tersebut sudah terkoneksi atau belum.



Gambar 8. Interface

Implementasi Simple Queue

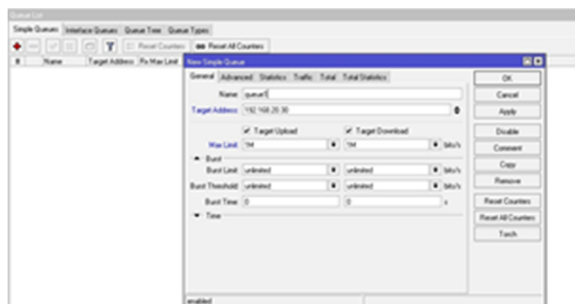
Langkah konfigurasi limitasi bandwidth dengan metode *simple queue* sebagai berikut:

1. Pada tampilan interface pilih *queues* lalu muncul tampilan *queue list*



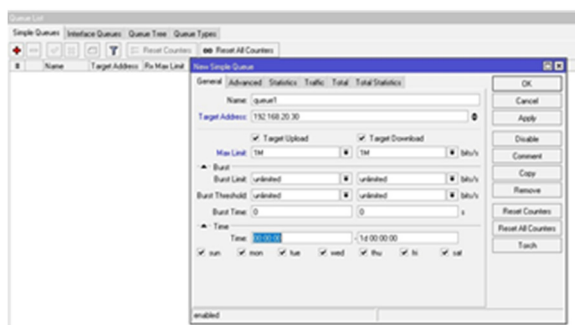
Gambar 9. Tampilan Simple Queue

2. Klik tab simple queue, klik tanda + untuk menambahkan queue yang ingin dibuat.
3. Pada tab general beri nama queue dan input target ip address yang ingin dilakukan limitasi.
4. Tentukan besaran speed limitnya.



Gambar 10. Tampilan Konfigurasi Limiter pada Simple Queue

5. Tentukan time / batasan waktu supaya tidak perlu mematikan dan menghidupkan limiter secara manual cukup mengaktifkan fitur *time*, maka limiter akan berganti secara otomatis. Selanjutnya Apply.



Gambar 11. Tampilan Konfigurasi Time pada Simple Queue

Implementasi Mangle & Queue Tree

Untuk melakukan pembatasan dengan metode *queue tree*, perlu membuat *mangle* pada *firewall* yang berfungsi sebagai penanda paket koneksi yang berasal dari klien. Limitasi bandwidth yang dibuat akan dibagi menjadi 2 konfigurasi yaitu limiter download & upload dan limiter browsing. Berikut langkah-langkahnya :

1. Klik tab IP pada interface kemudian pilih firewall.

2. Pada tab mangle klik + untuk membuat mark connection.
3. Tab general, bagian chain di isi prerouting, src address di isi dengan ip client.
4. Tab action, bagian action pilih mark connection dan beri nama pada new connection mark, apply.
5. Klik tanda + kembali untuk membuat mark packet.
6. Pada tab general chain di isi prerouting, bagian bawah pada bagian connection mark pilih sesuai nama connection mark yang sudah dibuat sebelumnya.
7. Pada tab *action*, bagian action pilih mark packet, kemudian beri nama park packet nya.
8. Untuk konfigurasi mangle download & upload dilakukan dengan cara yang sama.
9. Kembali ke *queue list* pilih tab queue tree, klik + untuk membuat new queue tree.
10. Beri nama *queue* dan pilih target interfacenya, pilih packet marks sesuai yang sudah dibuat pada mangle sebelumnya dan tentukan max limit speednya, apply.
11. Klik + kembali untuk membuat queue parent nya, beri nama queue dan tentukan interface nya, packet marks tidak perlu di isi, tentukan max limit speednya, apply.
12. Terdapat 2 queue, parent dan client. Queue client harus masuk ke dalam queue parent.
13. Pada queue client, bagian parent nya diubah ke queue parent, apply.
14. Untuk konfigurasi queue download & upload dilakukan dengan cara yang sama.

Implementasi Firewall Filter Rules

Selain proses limitasi bandwidth, diperlukan sebuah firewall untuk membatasi akses client terhadap mikrotik maupun akses client terhadap beberapa situs tertentu. Berikut langkah-langkah konfigurasinya :

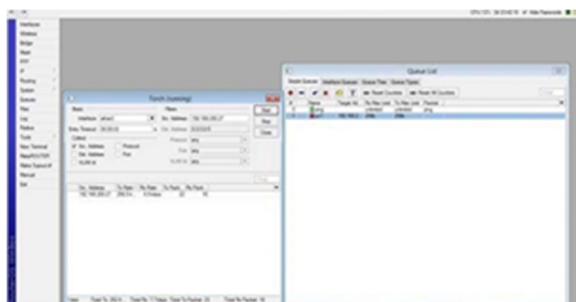
1. Pada tab firewall, klik + untuk membuat rule firewall.

2. Pada bagian chain pilih input, src address di isi ip client, kotak kecil disamping src address bisa di klik dengan maksud tidak ada ip selain ip client yang di input yang dapat mengakses ke mikrotik.
3. Pada tab action pilih drop, apply.
4. Untuk memblok sebuah situs dilakukan dengan cara yang berbeda
5. Klik + untuk membuat firewall rule yang baru.
6. Pada bagian general, chain di isi *forward*, dst address di isi dengan ip situs yang ingin di blok.
7. Pada tab *action*, *action* pilih *drop* dan *apply*.

Pembagian Bandwidth untuk setiap ruangan sebagai berikut : Ruang Server 50 Mbps, Ruang Lab 30 Mbps, Ruang Kepala Sekolah 1 Mbps, Ruang Guru 15 Mbps, Ruang Perpustakaan 2 Mbps, Ruang Tata Usaha 2 Mbps.

Hasil Uji

Setelah proses konfigurasi *limiter* selesai maka proses selanjutnya adalah pengecekan berfungsi atau tidaknya *limiter* tersebut. Sebagai contoh pc1 dengan Ip address 192.168.20.30 dilimit dengan *max-limit* sebesar 256kbps.



Gambar 12. Pengecekan limiter

Pada gambar 12 terlihat bahwa Pc1 telah mencapai kecepatan maksimal yang diberikan (terlihat dari warna merah pada simbol Pc1). Kemudian di tabel torch di samping kiri terlihat bahwa ip 192.168.20.30 telah mencapai kecepatan 256kbps. Dengan hasil tersebut maka limiter telah berhasil diimplementasikan pada router ini.

Perbandingan Uji Kecepatan Internet Sebelum dan Sesudah Limitasi Bandwidth ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. Perbandingan Uji Kecepatan Internet dengan Limitasi Bandwidth

RUANG	SEBELUM		SESUDAH	
	Down	Up	Down	Up
LAB	50.13 Mbps	49.93 Mbps	1.12 Mbps	1.31 Mbps
Kepala Sekolah	5.77 Mbps	5.29 Mbps	1.51 Mbps	1.11 Mbps
Guru	10.83 Mbps	10.79 Mbps	1.39 Mbps	1.21 Mbps
Perpustakaan	4.84 Mbps	4.64 Mbps	1.26 Mbps	1.02 Mbps
Tata Usaha	3.94 Mbps	3.63 Mbps	1.06 Mbps	1.05 Mbps

Dari tabel diatas dapat di lihat terdapat perbedaan kecepatan yang cukup signifikan setelah dilakukan limitasi *Bandwith*.

Implementasi

Implementasi terhadap rancangan jaringan ini diperlukan beberapa perangkat lunak dan perangkat keras yang harus dipenuhi agar aplikasi dapat berjalan dengan baik. Kebutuhan-kebutuhan tersebut meliputi sebagai berikut:

Adapun perangkat lunak untuk menjalankan rancangan jaringan ini adalah *Winbox*, *MikroTik OS*, sistem operasi *Windows / MacOS / Linux*

Untuk perangkat keras yang direkomendasikan adalah *MikroTik Routerboard*, Router dari ISP dan Komputer dengan spesifikasi minimum Processor Intel Core i3, RAM 4GB, HDD 1TB, Windows 10

Analisis Kelayakan

1. Kelayakan Teknologi

Topologi Jaringan yang dirancang dapat memadai dikarenakan SMA Budi Mulia memiliki peralatan *hardware*, *software* dan prasarana pendukung lainnya.

2. Kelayakan Operasional

Topologi dan manajemen jaringan yang dirancang layak untuk diterapkan karena dikarenakan kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak tersedia dan mudah diterapkan sehingga jika terjadi permasalahan internet dapat ditangani dengan efektif dan efisien sehingga dapat menghemat waktu.

3. Kelayakan Hukum

Dilihat dari segi hukum dan peraturan, Perubahan Manajemen Konfigurasi yang diusulkan tidak melanggar hukum maupun prosedur yang berlaku sehingga jaringan yang dihasilkan dapat diandalkan dalam membantu pelayanan warga secara efektif dan efisien. Meskipun target pengguna menilai bahwa secara keseluruhan aplikasi perpustakaan digital sebagai aplikasi yang sangat bermanfaat dan telah sesuai dengan kebutuhan pengguna, namun tetap memiliki beberapa kendala untuk dijadikan masukan dan perbaikan.

D. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa infrastruktur jaringan yang berjalan pada SMA Budi Mulia belum memiliki sistem pembagian internet yang memudahkan dan mempercepat efisiensi dan efektifitas kerja yang sesuai. Penerapan sistem manajemen *bandwidth* dan *firewall* menggunakan Mikrotik Router pada Infrastruktur Jaringan di SMA Budi Mulia mampu menyelesaikan permasalahan yang ada.

Untuk memastikan perubahan sistem yang telah diterapkan dapat bekerja secara optimal, maka administrator jaringan komputer sangat diperlukan dalam melakukan pemantauan dan pemeliharaan secara rutin terhadap sistem serta seluruh perangkat jaringan dan melakukan perbaikan apabila terjadi masalah pada sistem atau perangkat jaringan yang ada.

Langkah-langkah konfigurasi yang telah dilakukan dapat didokumentasikan atau di backup sehingga apabila terjadi kerusakan

dapat membangun kembali manajemen bandwidth menggunakan Router Mikrotik tersebut.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Aji, S. W., & Kharisma, R. S. (2019). Manajemen User Dan Pengelolaan Bandwidth Pada Jaringan Hotspot Menggunakan Router Mikrotik. *INTECHNO: Information Technology Journal*, 1(2), 1–5. <https://ojs.amikom.ac.id/index.php/INTECHNOJournal/article/view/2356>
- Dharmalau, A., Ar-rasyid, & Iskandarsyah, M. A. (2022). Implementasi Metode SWOT Pada Analisis Jaringan Area Lokal Sekolah. *Jurnal Electro Dan Informatika Swadharma(JEIS)*, 02(1), 1–8. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol2no1.110>
- Doni, A., Amalia, L., Putri, V. Y., & Saprudin. (2023). Optimalisasi Bandwidth Menggunakan Metode Queue Tree Dan Web Filtering Berbasis Router Mikrotik Pada SMK Assa'adah. *Biner: Jurnal Ilmu Komputer, Teknik Dan Multimedia*, 1(2), 187–207. <https://journal.mediapublikasi.id/index.php/Biner/article/view/2896>
- Geraldi, T. E., Wahyuddin, M. I., & Aningsih, A. (2020). Perancangan Backup Link Menggunakan Metode HSRP (Hot Standby Router Protocol) Dalam Penyediaan Layer-3 Redundansi. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 4(1), 201. <https://doi.org/10.30865/mib.v4i1.1873>
- Haqqi, M., & Badrul, M. (2016). Segmentasi Jaringan Dengan Menggunakan Virtual Lokal Area Network (Study Kasus PT. Jalur Nugraha Ekakurir). *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, 2(2), 7–16. <https://doi.org/10.31294/jtk.v2i2.1592>
- Hasrul, H., & Lawani, A. M. (2017).

Pengembangan Jaringan Wireless Menggunakan Mikrotik Router OS RB750 Pada PT . Amanah Finance Palu. *Jesik : Jurnal Elektronik Sistem Informasi Dan Komputer*, 3(1), 11–19. <https://jesik.web.id/index.php/jesik/article/view/56>

Informatika Swadharma, 3(2), 29–41.
<https://doi.org/10.56486/jeis.vol3no2.361>

Ismail, Y. O., Dwilaksono, F., & Agussalim. (2021). Analisis dan Desain Jaringan VLAN pada SMKN 1 Surabaya Menggunakan Cisco Packet Tracer. *SITASI: Seminar Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 1(1), 341–348. <https://doi.org/10.33005/sitasi.v1i1.221>

Mariyanto, M., & Maslan, A. (2023). Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Peer Connection Queue Pada Mikrotik. *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 9(3). <https://doi.org/10.33884/comasiejournal.v9i3.7697>

Prasetya, N. (2020). *Optimalisasi Manajemen Bandwitdh Menggunakan Mikrotik Routerboard Pada PDAM Kahuripan Kabupaten Bogor* [Universitas Nusa Mandiri]. <https://repository.nusamandiri.ac.id/repo/13709/Optimalisasi-Manajemen-Bandwitdh-Menggunakan-Mikrotik-Routerboard--Pada-PDAM-Kahuripan-Kabupaten-Bogor>

Sugiyono. (2021). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D, Cetakan Ketiga*. Bandung : Alfabeta.

Suryantoro, H., Sopian, A., & Dartono. (2021). Penerapan Teknologi Fortigate Dalam Pembangunan Jaringan VPN-IP Berbasis IPSEC. *Jurnal Elektro Dan Informatika Swadharma(JEIS)*, 01(1), 12–20. <https://doi.org/10.56486/jeis.vol1no1.64>

Taufiqurrochman, Broto, S., & Armin. (2023). Perancangan Jaringan VPN Menggunakan Mikrotik Dengan Metode L2TP/IPSec. *JEIS: Jurnal Elektro Dan*