

PERANCANGAN MANAJEMEN BANDWIDTH BERBASIS MIKROTIK OS PADA SENTRA LAYANAN UNIVERSITAS TERBUKA GAJAH MADA

Muhammad Reza Aprilianto¹⁾, ²⁾ Dani Anggoro*, ³⁾ Arif Hidayat

¹⁻³⁾ Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Muhammadiyah Metro

Jl. Gatot Subroto No.100, Yosodadi, Metro Timur, Kota Metro, Lampung

¹⁾ muhrezaapril@gmail.com, ²⁾ anggoro.dani1@gmail.com,

³⁾ androidarifhidayat@gmail.com

Abstrak: Latar belakang penelitian ini pada Sentra Layanan Universitas Terbuka Gajah Mada dengan masalah pada jaringan internetnya yang tidak stabil. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem manajemen bandwidth berbasis MikroTik OS guna meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth, mengoptimalkan kinerja jaringan, dan memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi analisis kebutuhan pengguna, analisis infrastruktur jaringan, pemilihan perangkat MikroTik yang sesuai, dan implementasi konfigurasi manajemen bandwidth. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui observasi, wawancara, dan analisis data trafik jaringan yang ada. Hasil perancangan ini adalah konfigurasi manajemen bandwidth yang terintegrasi dengan infrastruktur jaringan yang ada. Manajemen bandwidth ini dapat mengatur alokasi bandwidth yang tepat untuk setiap pengguna, sehingga meminimalkan tumpang tindih dan konflik dalam penggunaan bandwidth yang biasanya disebabkan adanya pengguna dalam jaringan melakukan aktifitas download. Diharapkan bahwa perancangan manajemen bandwidth berbasis MikroTik OS pada Sentra Layanan Universitas Terbuka Gajah Mada akan meningkatkan kualitas layanan jaringan bagi pengguna, mengurangi kemacetan jaringan, dan memastikan penggunaan bandwidth yang efisien. Selain itu, penelitian ini juga dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi jaringan di lingkungan pendidikan, khususnya dalam meningkatkan kualitas infrastruktur jaringan pada lembaga pendidikan Universitas Terbuka Gajah Mada.

Kata Kunci: Manajemen Bandwidth; MikroTik OS; Jaringan; Penggunaan Internet

Abstract : *The background of this research is at the Gajah Mada Open University Service Center, which faces issues with its unstable internet network. This research of this design is to create a MikroTik OS-based bandwidth management system to enhance bandwidth utilization efficiency, optimize network performance, and provide users with a better experience. The methods employed in this research include user needs analysis, network infrastructure analysis, selection of suitable MikroTik devices, and the implementation of bandwidth management configurations. Data for this research is obtained through observation, interviews, and analysis of existing network traffic data. The result of this design is an integrated bandwidth management configuration within the existing network infrastructure. This bandwidth management system can allocate bandwidth appropriately for each user, minimizing overlap and conflicts in bandwidth usage, typically caused by users*

engaging in download activities. It is expected that the MikroTik OS-based bandwidth management design at the Gajah Mada Open University Service Center will improve network service quality for users, reduce network congestion, and ensure efficient bandwidth usage. Additionally, this research may contribute to the development of network technology in the educational environment, particularly in enhancing network infrastructure quality at Gajah Mada Open University.

Keywords: *Bandwidth Management; MikroTik OS; Network; Internet Usage*

PENDAHULUAN

Era digital telah mengubah cara kita berinteraksi dengan informasi, dengan internet sebagai tulang punggung utama. Internet bukan hanya menjadi sumber informasi, tetapi juga wadah bagi pertukaran data dan komunikasi jarak jauh. Sentra Layanan Universitas Terbuka Gajah Mada (SALUT Gajah Mada) merupakan pusat informasi dan pendaftaran mahasiswa baru Universitas Terbuka yang berperan penting dalam menyediakan layanan tersebut. Namun, jaringan internet di SALUT Gajah Mada saat ini mengandalkan *Internet Service Provider (ISP)* Indihome yang disebarkan melalui modem secara nirkabel. Meskipun ini memungkinkan banyak perangkat untuk terhubung, masalah muncul ketika terjadi penggunaan *bandwidth* yang tidak terkontrol. Salah satu masalah yang muncul adalah ketidakstabilan koneksi internet ketika ada pengguna yang melakukan aktivitas download hingga memenuhi kapasitas maksimal *bandwidth* yang tersedia. Ini mengakibatkan ketidakmerataan alokasi *bandwidth* ke pengguna lainnya dan mempengaruhi kecepatan internet mereka.

KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Jaringan Komputer

Madcoms (2019: 17) menarik kesimpulan sebagai berikut: Sistem jaringan komputer merupakan sebuah sistem yang terdiri atas komputer dan perangkat jaringan lainnya yang bekerja sama untuk mencapai suatu

tujuan yang sama. Tujuan dari jaringan komputer antara lain: membagi sumber daya contohnya berbagi pemakaian *hardware* dan berbagi koneksi internet, mudah dalam berkomunikasi antar komputer contohnya penerapan *e-mail* atau surat elektronik, kegiatan *instant messaging* atau *chatting*, akses informasi contohnya *web browsing*, dasar acuan dalam membangun sistem jaringan warnet atau game online serta membangun sistem jaringan dalam suatu instansi atau suatu perusahaan

Bandwidth

Didi Susianto (2016: 2) memberikan penjelasan *bandwidth* sebagai berikut: *Bandwidth* adalah besaran yang menunjukkan seberapa banyak data yang dapat dilewatkan dalam koneksi melalui sebuah network. Istilah ini berasal dari bidang teknik listrik, di mana *bandwidth* yang menunjukkan total jarak atau berkisar antara tertinggi dan terendah sinyal pada saluran komunikasi (*band*). Banyak orang awam yang kadang menyamakan arti dari istilah *Bandwidth* dan *Data Transfer*, yang biasa digunakan dalam internet, khususnya pada paket-paket web hosting. *Bandwidth* sendiri menunjukkan volume data yang dapat di transfer per unit waktu. Sedangkan *Data Transfer* adalah ukuran lalu lintas data dari *website*. Lebih mudah kalau dikatakan bahwa *bandwidth* adalah rate dari data *transfer*.

Topologi Jaringan

Menurut Kustanto dan Daniel T Saputro

(2015: 8) memberikan penjelasan sebagai berikut: Topologi jaringan komputer adalah infrastruktur fisik jaringan komputer yang digunakan untuk mengimplementasikan LAN, dapat dibedakan menjadi: topologi bus, topologi star, topologi tree, topologi ring, topologi mesh.

IP Address

Menurut Kustanto dan Daniel T Saputro (2015: 37) menarik kesimpulan sebagai berikut: IP atau *Internet Protocol* adalah sederetan angka biner 32 bit yang terbagi menjadi 4 kelompok, masing-masing kelompok terdiri atas biner 8 bit yang dipisahkan dengan tanda titik (dot). IP beroperasi pada lapisan *network OSI (Open System Interconnection)*. Untuk mempermudah dalam pemahaman, biner 32 bit ini dinotasikan dalam bentuk bilangan desimal dengan anggota 0 sampai 9 di semua sistem operasi *network* baik *windows, linux, nivell netware* maupun *freeBSD* atau *openBSD*. Format IP biasa disimbolkan dengan huruf "x", dimana x bisa bernilai biner 1 atau 0.

TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)

Iwan Sofana (2015: 89) menarik kesimpulan sebagai berikut "pada mulanya TCP/IP digunakan pada jaringan bernama ARPANET. Namun, saat ini telah menjadi protokol standar bagi jaringan yang lebih umum yang disebut internet".

Mikrotik RouterOS

Amarudin (2018: 73) menarik kesimpulan sebagai berikut: Mikrotik adalah perangkat jaringan komputer yang berupa Hardware dan Software yang dapat difungsikan sebagai Router, sebagai alat *Filtering, Switching* maupun yang lainnya. Adapun hardware Mikrotik bisa berupa *Router PC* (yang diinstall pada PC) maupun berupa *Router Board* (sudah dibangun langsung dari perusahaan Mikrotik). Sedangkan

software Mikrotik atau yang dikenal dengan nama *RouterOS* ada beberapa versinya.

Manajemen Bandwidth

Alfon Indra Wijaya (2015: 2) menarik kesimpulan sebagai berikut: *Bandwidth Management* adalah suatu cara yang dapat digunakan untuk management 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.

Queue Tree

Ilham (2018: 44) menarik kesimpulan sebagai berikut: Metode *Queue Tree* merupakan metode yang cukup rumit dalam melakukan konfigurasinya. Keunggulan yang terdapat pada metode *Queue tree* adalah kita dapat mengalokasikan *bandwith ICMP* jadi, ketika *bandwith* yang terdapat pada klien penuh, ping timenya masih dapat stabil

PCQ (Per Connection Queuing)

Faisal (2018: 138) menarik kesimpulan sebagai berikut: *Per Connection Queue* merupakan penyempurnaan dari metode *Stochastic Fairness Queuing (SFQ)*. Cara kerja kedua metode ini sama, yaitu berusaha dengan menyeimbangkan *traffic* dengan membuat beberapa sub stream (*sub queue*). Namun karena merupakan penyempurnaan dari *Stochastic Fairness Queuing*, metode *Per Connection Queue* memiliki beberapa fitur tambahan. Pada *Per Connection Queue*, parameter yang dapat dipilih untuk menjadi classifier adalah *src-address, dst-address, src-port* maupun *dst-port*. Fungsi dari parameter itu adalah sebagai patokan atau standar yang dapat digunakan untuk dijadikan tolak ukur pengujian metode antrian *Per Connection*

Queue.

Metode Perancangan Sistem PPDIOO

Cisco (dalam Sitompul 2021: 18) memberikan batasan penelitian “metode PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate dan Optimize*) dari CCNA. PPDIOO adalah metode perancangan jaringan berkelanjutan”.

Solikin (2017: 68) memberikan penjelasan sebagai berikut: Model siklus hidup jaringan dengan konsep PPDIOO yaitu, *Prepare* (persiapan), *Plan* (Perencanaan), *Design* (Desain), *Implement* (Implementasi), *Operate* (Operasi) dan *Optimize* (Optimasi). Pada desain jaringan dikembangkan berdasarkan persyaratan teknis, dan bisnis yang diperoleh dari kondisi sebelumnya. Spesifikasi desain jaringan adalah desain yang bersifat komprehensif dan terperinci, yang memenuhi persyaratan teknis dan bisnis saat ini. Jaringan tersebut haruslah menyediakan ketersediaan, kehandalan, keamanan, skalabilitas dan kinerja.

METODE

Metode yang digunakan dalam pengembangan sistem yang dirancang adalah PPDIOO (*Prepare, Plan, Design, Implement, Operate, Organize*). Alasan penulis menggunakan metode PPDIOO diharapkan mampu menghasilkan sistem yang baik. Teknik pengumpulan data yang digunakan ada 2 yaitu studi lapangan (riset) dan studi pustaka, sebagai berikut:

Studi Lapangan

Sugiyono (2011: 337), Studi Lapangan adalah pengumpulan data yang secara langsung mempelajari yang berkaitan dengan masalah yang sedang dihadapi”. Studi lapangan yang penulis gunakan dengan beberapa teknik yaitu:

Wawancara (*Interview*)

Yusuf (2014: 372) Wawancara adalah suatu proses interaksi antara pewawancara dengan orang yang

diwawancarai melalui komunikasi tatap muka atau langsung. Wawancara ini dilakukan oleh peneliti sesuai judul penulis, untuk memperoleh data informasi lengkap dari SALUT Gajah Mada.

Pengamatan (*Observation*)

Sugiyono (2018: 229) Observasi merupakan teknik pengumpulan data mempunyai ciri yang spesifik bila dibandingkan dengan teknik yang lain. Observasi juga tidak terbatas pada orang, tetapi juga objek-objek alam yang lain. Data yang diperoleh dengan menggunakan teknik observasi adalah mengenai kondisi jaringan internet yang saat ini pada SALUT Gajah Mada.

Dokumentasi (*Documentation*)

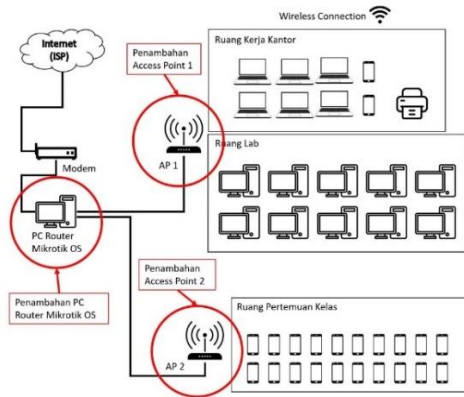
Sugiyono (2016: 240) menyatakan Dokumen merupakan catatan peristiwa yang sudah berlalu. Dokumen bisa berbentuk tulisan, gambar, atau karya-karya monumental dari seseorang. Teknik pengumpulan data dokumentasi ini digunakan penulis untuk mengumpulkan data peristiwa yang sudah berlalu. Dokumen yang digunakan merupakan data pendukung terhadap hasil pengamatan dan wawancara yang berkaitan. Data yang diperoleh yaitu berupa brosur, penawaran pelayanan paket wisata, foto kegiatan wawancara foto surat perizinan usaha.

Studi Pustaka

Sugiyono (2011: 398), Studi pustaka yaitu kajian teoritis dan referensi yang terkait dengan nilai, budaya, norma yang dikembangkan pada situasi sosial yang diteliti, hal ini dikarenakan penelitian tidak akan lepas dari literatur-literatur ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan sistem yang telah dibuat oleh peneliti yang dilakukan di SALUT Gajah Mada.



Gambar 1. Rancangan Topologi (Penulis, 2023)

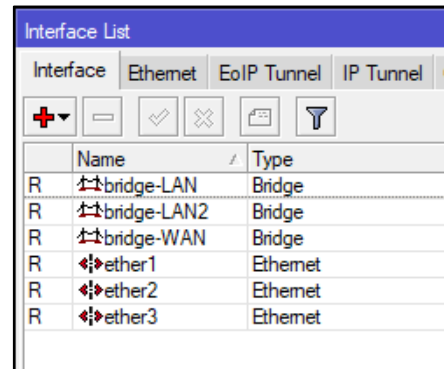
Berdasarkan Gambar 1 merupakan rancangan topologi jaringan yang akan diterapkan di SALUT Gajah Mada. Topologi yang digunakan merupakan model topologi *tree* di mana dua buah *access point* terhubung secara bercabang dari PC Router yang terhubung ke modem. Pada topologi yang baru terdapat tambahan PC Router yang terkoneksi langsung dengan modem dan *access point 1* dan *access point 2* yang nantinya akan meneruskan koneksi internet dari modem ke router kemudian ke *client* secara *wireless*.

Selain topologi, juga dilakukan perencanaan pembagian *IP address* berdasarkan dua *access point* yang tersedia. Berikut ini pembagiannya:

Tabel 1. Pembagian IP Address Pada SALUT Gajah Mada

No	Tujuan	IP Range	Gateway	Koneksi
1.	Admin IT	-	192.168.1.1	Modem
2.	Staf	192.168.2.2-192.168.2.254	192.168.2.1	Access Point 1
3.	Mahasiswa dan Umum	192.168.3.2-192.168.3.254	192.168.3.1	Access Point 2

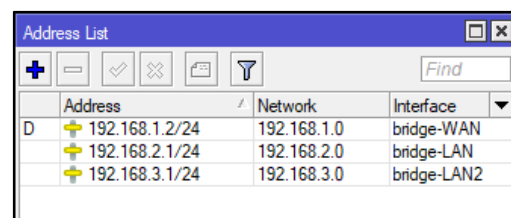
Pada tabel 1 merupakan daftar pembagian *IP address* yang direncanakan pada SALUT Gajah Mada. Pembagian *IP gateway* dilakukan secara *static* sedangkan pembagian *IP address* dilakukan secara *dynamic (DHCP Server)* pada mikrotik artinya *IP address* dibagikan secara otomatis sesuai *range IP* yang telah diatur dalam mikrotik.



Gambar 2. Konfigurasi Interface (Penulis, 2023)

Pada gambar 2 merupakan daftar *interface* yang telah dibuat. Penjelasan pemberian nama ini sebagai berikut:

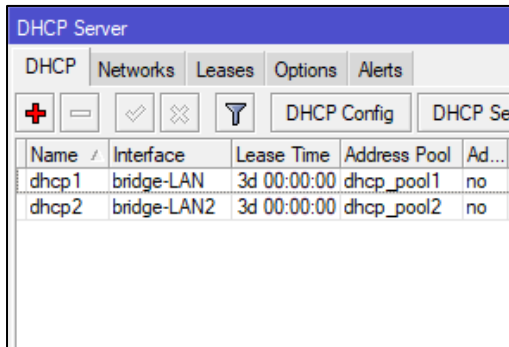
Ether1 sebagai *router*, identitas *interface* yang pertama ether1 pada *bridge* dengan nama *bridge-WAN*. Ether2 sebagai *access point 1*, identitas *interface* kedua ether2 dengan nama *bridge-LAN*. Ether3 sebagai *access point 2*, identitas *interface* ketiga ether3 dengan nama *bridge-LAN2*.



Gambar 3. Konfigurasi Gateway (Penulis, 2023)

Pada gambar 3 adalah pemberian *IP Address* sebagai *gateway* yang digunakan pada *interface*. Penjelasan IP di atas *bridge-WAN* dengan *IP Address* 192.168.1.2/24 merupakan IP milik pc router yang terkoneksi dari *gateway* modem *ISP* dan didapat secara *Dynamic* (otomatis), selanjutnya konfigurasi secara *Static* dengan *IP Address* 192.168.2.1/24 merupakan penetapan untuk *IP Address gateway interface bridge-LAN* dan *IP range* yang nanti akan dibagikan secara *dynamic DHCP server* ke *client* melalui *access point 1*, dengan *IP Address* 192.168.3.1/24 merupakan penetapan untuk *IP Address gateway interface bridge-LAN2* dan *IP*

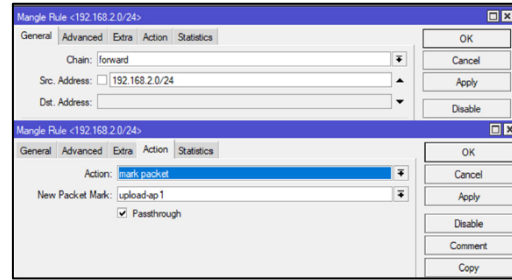
range yang nanti akan dibagikan secara *dynamic DHCP server* ke *client* melalui *access point 2*.



Gambar 4. Konfigurasi IP Address (Penulis, 2023)

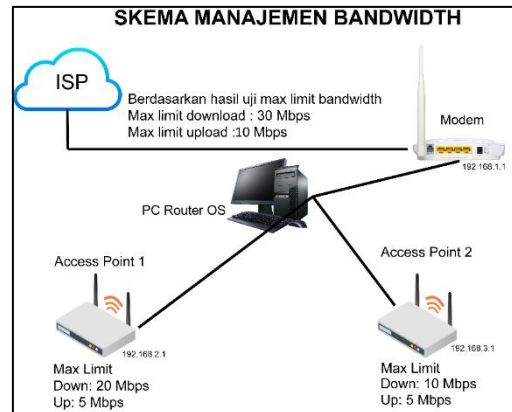
Pada gambar 4 merupakan konfigurasi masing-masing *interface* dapat dilakukan pada menu *IP>DHCP Server>DHCP Setup* pada pengaturan mikrotik:

- 1) bridge-LAN
 - (a) DHCP Server Interface: bridge-LAN
 - (b) DHCP Address Space: 192.168.2.0/24 (subnet mask: /24)
 - (c) Gateway for DHCP Network: 192.168.2.1
 - (d) Addresses to Give Out: 192.168.2.2-192.168.2.254 (ini adalah IP Pool, yaitu IP range yang dibagikan kepada *client*)
 - (e) DNS Server: 192.168.1.1
- 2) bridge-LAN2
 - (a) DHCP Server Interface: bridge-LAN2
 - (b) DHCP Address Space: 192.168.3.0/24 (subnet mask: /24)
 - (c) Gateway for DHCP Network: 192.168.3.1
 - (d) Addresses to Give Out: 192.168.3.2-192.168.3.254 (ini adalah IP Pool, yaitu IP range yang dibagikan kepada *client*)
 - (e) DNS Server: 192.168.1.1



Gambar 5. Konfigurasi Mangle (Penulis, 2023)

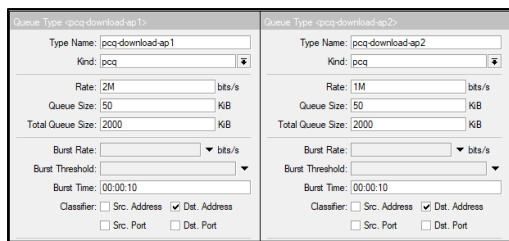
Pada gambar 5 adalah pengaturan mangle dilakukan sebelum pengaturan *queue tree*, *mangle* digunakan untuk memberikan tanda pada paket yang akan diatur pada manajemen *bandwidth*, *mangle* yang akan dibuat adalah *packet mark* atau *mark packet* untuk *IP address* yang digunakan oleh *bridge-LAN (AP1)* dan *bridge-LAN2 (AP2)*. Penjelasan *Src. Address* adalah IP koneksi keluar (*upload*), sedangkan *Dst. Address* adalah IP koneksi masuk (*download*).



Gambar 6. Skema Manajemen Bandwidth (Penulis, 2023)

Pada gambar 6 skema untuk manajemen *bandwidth*, dengan konfigurasi *queue tree* yang membutuhkan *packet mark*, sebelumnya harus sudah dilakukan konfigurasi *packet mark*, *packet mark* digunakan dalam *queue tree* untuk menandai paket yang akan diatur dalam manajemen *bandwidth*. Konfigurasi dilakukan pada *interface bridge-LAN* dan *bridge-LAN2*. Dilakukan konfigurasi guna membagi *limit bandwidth* secara lebih efisien dan sistematis dan di dalam

konfigurasinya akan dimasukkan aturan *queue type PCQ* agar sistem berjalan sesuai dengan tujuan penelitian. Berikut ini konfigurasi *queue tree*. Kemudian konfigurasi untuk *bridge-LAN* (AP1) dan *bridge-LAN2* (AP2), dengan konfigurasi pembagian *bandwidth*, untuk *bridge-LAN* (AP1) dengan *bandwidth* yang diberikan *max limit download: 20Mbps* dan *upload: 5Mbps*, untuk *bridge-LAN2* (AP2) dengan *bandwidth* yang diberikan *max limit download: 10Mbps* dan *upload: 5Mbps*.

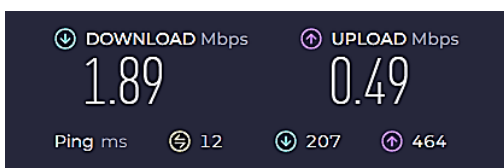


Gambar 7. Konfigurasi PCQ (Penulis, 2023)

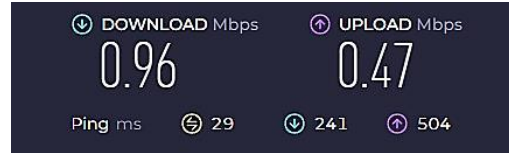
Tabel 2. Alokasi *Bandwidth* dan *Queue Type PCQ*

Interface	1-9 Client (Kbps) PCQ		10 Client (Kbps) PCQ		20 Client (Kbps) PCQ	
	Up	Down	Up	Down	Up	Down
Access Point 1	512	2000	512	2000	250	1000
Access Point 2	512	1000	512	1000	250	500

Penjelasan pada tabel 2 adalah konfigurasi *PCQ max limit download* untuk tiap *client* yang terkoneksi pada *access point 1 pcq-download-ap1* dengan dibatasi kecepatan *rate 2Mbps (max limit)* dan untuk tiap *client* yang terkoneksi pada *access point 2 pcq-download-ap2* dengan dibatasi kecepatan *rate 1Mbps (max limit)*. Dengan total *limit bandwidth 20Mbps* untuk *access point 1* dan *10Mbps* untuk *access point 2*. (*src address* untuk *upload*, *dst address* untuk *download*).



Gambar 7. Uji Bandwidth AP1



Gambar 8. Uji Bandwidth AP2

Pada gambar 7 merupakan hasil uji *bandwidth* untuk *client* yang terkoneksi ke *access point 1*, dalam data tersebut ditampilkan *bandwidth* untuk *download* adalah *1.89Mbps* dan *upload 0.49Mbps (490Kbps)*, artinya *bandwidth* tersebut tidak melebihi konfigurasi yang telah dibuat pada sistem yaitu untuk *max limit download 2Mbps* dan *max limit upload 512Kbps*. Dan gambar 8 merupakan hasil uji *bandwidth* untuk *client* yang terkoneksi ke *access point 2*.

Tabel 3. Uji Bandwidth AP1 Normal Test dan Download Test

Nama	Client	Host/IP	Speed		
			Ping	Down Max 2Mbps	Up Max 512Kbps
Normal Test 1	2	192.168.2.1	12 ms	1,89	490
Normal Test 2	5	192.168.2.1	20 ms	1,95	410
Normal Test 3	10	192.168.2.1	12 ms	1,94	500
Download Test 1	2	192.168.2.1	23 ms	1,96	390
Download Test 2	5	192.168.2.1	36 ms	1,95	500
Download Test 3	10	192.168.2.1	24 ms	1,96	500

KESIMPULAN

Perancangan manajemen *bandwidth* tersebut memberikan manfaat dan kelebihan untuk SALUT Gajah Mada, bagi golongan *client* yaitu admin IT, staf, dan mahasiswa serta masyarakat umum. Diantaranya yaitu: Dapat membagi *bandwidth* secara adil dan merata, sehingga tidak terjadi kendala berebut *bandwidth* yang dapat menyebabkan lambatnya jaringan internet yang dirasakan *client* yang terdampak. Siapapun dapat menikmati pelayanan internet selama masih dalam lingkungan SALUT Gajah Mada. Dengan adanya penambahan dua perangkat *access point*, penyebaran sinyal

wifi lebih luas dan kategori prioritas terhadap jaringan internet admin IT dan staf dirasakan lebih baik daripada sistem sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Amarudin, A., dan Ulum, F. (2018). Desain Keamanan Jaringan Pada Mikrotik Router OS Menggunakan Metode Port Knocking. *Jurnal Teknoinfo Vol. 12 No. 2 Edisi 2018*. hal 72-75.
<http://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/teknoinfo/article/viewFile/121/91>
(Diunduh tanggal 09 September 2023).
- [2.] Faisal, I. (2018). An Analisis Qos Pada Implementasi Manajemen Bandwith Menggunakan Metode Queue Tree Dan Pcq (Per Connection Queueing). *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP) Vol. 1 No. 1 Edisi April 2018*. hal 137-142.
<http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUTIKOMP/article/download/341/227>
(Diunduh tanggal 09 September 2023).
- [3.] Ilham, D. N. (2018). Implementasi Metode Simple Queue Dan Queue Tree Untuk Optimasi Manajemen Bandwith Jaringan Komputer Di Politeknik Aceh Selatan. *Jurnal Manajemen Informatika & Komputerisasi Akuntansi, Vol. 2 No. 1 Edisi April 2018*. hal 43-50.
<https://ejurnal.methodist.ac.id/index.php/methomika/article/download/131/114>
(Diunduh tanggal 09 September 2023).
- [4.] Iwan Sofana. (2015). *Membangun Jaringan Komputer Mudah Membuat Jaringan Komputer (Wire & Wireless) untuk Pengguna Windows dan Linux*. Cetakan Kedua. Informatika Bandung. Bandung.
- [5.] Iwan Sofana. (2017). *Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik Dilengkapi Latihan dan Contoh Soal Mikrotik Training Certified Network Associated (MTCNA)*. Cetakan Pertama. Informatika Bandung. Bandung.
- [6.] Kustanto dan Saputro, D T. (2015). *Belajar Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik OS*. Edisi Revisi. Cetakan Pertama. Gava Media. Yogyakarta.
- [7.] Madcoms., dan A. Offset. (2016). *Manajemen Sistem Jaringan Komputer Dengan Mikrotik RouterOS*. Cetakan Pertama. C. V. Andi Offset. Yogyakarta.
- [8.] Madcoms.. dan A. Offset. (2019). *Panduan Lengkap Membangun Sistem Jaringan Komputer Dengan Mikrotik RouterOS*. Cetakan Pertama. C. V. Andi Offset. Yogyakarta.
- [9.] Sitompul, D. R. H., Harmaja, O. J., dan Indra, E. (2021). Perancangan Pengembangan Desain Arsitektur Jaringan Menggunakan Metode PPDIOO. *Jurnal Sistem Informasi dan Ilmu Komputer Prima (JUSIKOM PRIMA) Vol. 4 No. 2 Edisi Februari 2021*. hal 18-22.
<http://jurnal.unprimdn.ac.id/index.php/JUSIKOM/article/download/2306/1429>
(Diunduh tanggal 10 September 2023).
- [10.] Solikin, I. (2017). Penerapan Metode PPDIOO dalam pengembangan LAN dan WLAN. *Teknomatika, Vol. 7 No. 1 Edisi Maret 2017*. hal 65-73.
<http://eprints.binadarma.ac.id/10823/>
(Diunduh tanggal 10 September 2023).
- [11.] Susianto, D. (2016). Implementasi Queue Tree Untuk Manajemen Bandwidth Menggunakan Router Board Mikrotik. *Jurnal Cendikia, Vol. 12 No. 1 Edisi April 2016*. hal 2-3.
<http://jurnal.dcc.ac.id/index.php/JC/article/download/84/61> (Diunduh tanggal 04 September 2023).
- [12.] Wijaya, A. I., Handoko, L. B., dan Kom, M. (2015). Manajemen Bandwidth Dengan Metode HTB (Hierarchical Token Bucket) Pada Sekolah Menengah Pertama Negeri 5

Semarang. *Jurnal Teknologi Informasi Udinus* Vol. 1 No. 1 Edisi 2015. hal 1-3.
http://eprints.dinus.ac.id/12435/1/jurnal_12404.pdf (Diunduh tanggal 06 September 2023).