

Implementasi Bandwidth Manajemen menggunakan Mikrotik
dengan Metode *Per Connection Queue*
di Gedung Perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan

*Implementation of Bandwidth Management using Mikrotic
with Per Connection Queue Method
in the Lecture Building of Nahdlatul Ulama University of South Kalimantan*

Sofyar^{*1}, Sunni Risdhayati², dan Yulia Andini³

^{1,2,3}Prodi Teknik Informatika Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan, Kab. Banjar 70652 Indonesia

*¹hsofyar@gmail.com, ²sunni.risdhayati@unukase.ac.id, ³yuliaandini1909@gmail.com

Format Kutipan: Sofyar., Risdhayati, S & Andini, Y. (2024). Implementasi Bandwidth Manajemen menggunakan Mikrotik dengan Metode Per Connection di Gedung Perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan. *Nusantara Journal of Science and Technology (NU-JST)*, 1(2), hal. 20-29. <https://doi.org/10.69959/nujst.v1i2.111>

RIWAYAT ARTIKEL

Dikirim: 26 November 2024
Revisi Akhir: 30 November 2024
Diterbitkan: 30 November 2024
Tersedia Daring Sejak: 30 November 2024

KATA KUNCI

Bandwidth
Mikrotik
PCQ

KEYWORDS

Bandwidth
Mikrotic
PCQ

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan internet dengan mendistribusi *bandwidth* secara adil dan merata, menstabilkan jaringan internet agar *user* dapat melakukan *download* dan *upload* dengan konsumsi *bandwidth* yang terbagi secara merata, dan menghindari terjadinya *overload* pemakaian akses jaringan internet. Dalam melakukan penelitian penulis mengumpulkan data primer maupun data sekunder yang diperlukan dalam mengimplementasi manajemen *bandwidth* pada jaringan internet di gedung perkuliahan kampus Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan (Unukase). Pada penelitian ini juga dilakukan analisis kebutuhan *hardware* maupun *software* sebagai alat pendukung untuk implementasi *bandwidth* manajemen di Gedung Perkuliahan Unukase. Penelitian yang penulis pakai adalah NDCL (*Network Development Life Cycle*) merupakan model yang mendefinisikan siklus proses dalam membangun suatu sistem jaringan internet, NDCL mempunyai elemen yang mendefinisikan fase, tahapan, langkah atau mekanisme proses secara spesifik. Hasil pengujian setelah menerapkan pembagian *bandwidth* dengan PCQ (*Per Connection Queue*), bahwa semua *user* akses *download* lebih merata dengan mendapat 5Mbps, untuk akses *upload* semua *user* mendapatkan hampir 5Mbps.

ABSTRACT

The purpose of this study is to optimize the use of internet network resources by distributing bandwidth fairly and evenly, stabilizing the internet network so that users can download and upload with evenly distributed bandwidth consumption, and avoiding overloading of internet network access usage. In conducting the study, the author collected primary and secondary data needed to implement bandwidth management on the internet network in the lecture building of the Nahdlatul Ulama University of South Kalimantan (Unukase) campus. This study also analyzed the hardware and software needs as supporting tools for implementing bandwidth management in the Unukase Lecture Building. The research that the author uses is NDCL (*Network Development Life Cycle*) which is a model that defines the process cycle in building an internet network system, NDCL has elements that define phases, stages, steps, or process mechanisms specifically. The test results after implementing bandwidth sharing with PCQ (*Per Connection Queue*), that all users access download more evenly by getting 5Mbps, and for upload access, all users get almost 5Mbps.

Artikel ini dapat diakses secara terbuka (*open access*) di bawah lisensi CC-BY-SA



PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat ini berkembang dengan sangat pesat, baik perkembangan dibidang perangkat lunak maupun perangkat keras terutama di bidang jaringan internet. Oleh sebab itu kebutuhan manusia akan akses jaringan internet sangat tinggi, bahkan

bisa dikatakan manusia tidak bisa lepas dari yang namanya jaringan internet. Jaringan internet sering digunakan untuk mempermudah kita dalam berkomunikasi, mencari informasi dan penggunaan media sosial lainnya (Seronia dkk, 2023).

Masalah umum yang biasanya terjadi dalam sebuah jaringan internet adalah menumpuknya jumlah pengguna yang menggunakan jalur yang sama. Apabila tidak ada pengaturan, ibarat sebuah jalan, maka akan terjadi kemacetan sehingga semua pengguna tidak bisa mengakses tujuan sama sekali (Darmadi dkk, 2019). Keterbatasan *bandwidth* dapat menyebabkan lambatnya akses jaringan internet, bahkan terjadi putusnya koneksi jaringan internet. Selain itu, penggunaan jaringan internet yang tidak terkelola dengan baik juga dapat menimbulkan masalah penggunaan *bandwidth* yang berlebihan. Masalah ini disebabkan oleh alokasi *bandwidth* yang tidak merata, dan *bandwidth* yang tersedia sangat terbatas sehingga menimbulkan tarik-menarik antara pengguna Internet di jaringan yang sama (Rasim dkk, 2022).

Bandwidth manajemen adalah proses mengukur dan mengontrol komunikasi (lalu lintas paket) pada *network link* untuk menghindari penggunaan melebihi kapasitas pada *network link* yang dapat mengakibatkan kemacetan jaringan dan kinerja yang buruk (Ichwan dkk, 2019). Dikatakan juga bahwa Manajemen *bandwidth* merupakan proses pengukuran dan pengendalian komunikasi lalu lintas paket di jaringan, untuk mencegah tabrakan *over* kapasitas yang akan menyebabkan kemacetan serta kinerja jaringan yang buruk (Noviriandini dkk, 2022). *Bandwidth* manajemen sangat penting untuk memastikan bahwa semua pengguna jaringan memiliki akses yang adil dan seimbang ke sumber daya jaringan yang tersedia sehingga setiap pengguna mendapatkan kecepatan yang sama tanpa mengganggu kecepatan pengguna lainnya (Saputra, 2023).

Mikrotik adalah salah satu sistem operasi jaringan yang dapat digunakan sebagai router jaringan yang handal, mencakup berbagai fitur dan *tools* lengkap untuk jaringan dan *wireless*. Mikrotik dirancang untuk memberikan kemudahan dalam keperluan administrasi pada perancangan jaringan komputer baik skala kecil maupun skala besar. Mikrotik bertujuan untuk mengatur *bandwidth* serta melakukan manajemen jaringan komputer (Untung, 2021). *Per Connection Queue* (PCQ) adalah salah satu fitur dari Mikrotik, merupakan teknik pembagian *bandwidth* dengan metode antrian untuk mengamankan *bandwidth* yang dipakai pada *multiple user*. PCQ merupakan *bandwidth* manajemen, yang bekerja menggunakan algoritma yang akan membagi *bandwidth* secara merata ke sejumlah client yang aktif. Tujuan utama dari metode ini adalah melakukan *bandwidth sharing* otomatis secara adil dan merata ke masing-masing *user* yang membutuhkan (Arman dkk, 2020).

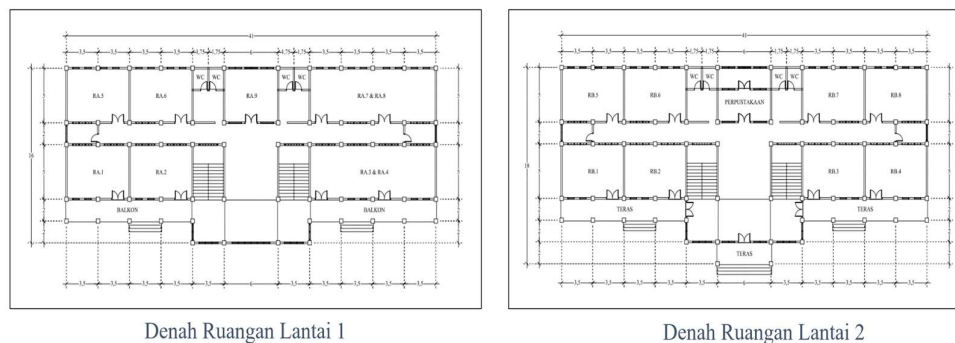
Salah satu tantangan yang dihadapi oleh Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan (Unukase) adalah *bandwidth* manajemen yang efektif untuk mendukung kegiatan belajar mengajar. Namun, meningkatnya penggunaan internet di kampus juga menimbulkan tantangan dalam mengelola jaringan internet dengan jumlah mahasiswa yang terus bertambah dan meningkatnya penggunaan layanan jaringan internet dalam kegiatan perkuliahan, perlu adanya solusi yang memadai untuk memastikan distribusi *bandwidth* yang adil dan optimal. Saat ini koneksi jaringan internet di gedung perkuliahan Unukase digunakan secara bersama-sama tanpa ada batasan *bandwidth*, hal ini dikarenakan tidak ada pembatasan atau pengaturan *bandwidth* untuk setiap *user*. Boleh jadi satu perangkat *user* menghabiskan *bandwidth* yang cukup besar hanya untuk *upload* atau *download* file berukuran besar. Untuk mengurangi ketidak stabilan koneksi jaringan internet perlu adanya sebuah *tools* yang berfungsi sebagai pembatas kecepatan *upload* atau *download* maksimum akses internet untuk masing-masing *user* keseluruhan *client*, sehingga setiap *user* akan mendapatkan jumlah *bandwidth* yang sama rata untuk mencegah satu *entitas* menghabiskan semua *bandwidth* yang tersedia. Dengan melakukan *bandwidth* manajemen pada jaringan internet yang ada di Gedung Perkuliahan Unukase, mahasiswa maupun dosen akan dapat lebih mudah mengakses informasi, melakukan riset, dan berkomunikasi secara online. Hal ini dapat meningkatkan produktivitas dalam proses belajar mengajar dan kegiatan akademik lainnya.

METODE PENELITIAN

Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung di Gedung Perkuliahan Unukase yang berlokasi di Jl. Ahmad Yani, KM.12.500, Kec. Gambut Kab. Banjar, Kalimantan Selatan 70652. Ukuran bangunan Gedung Perkuliahan Unukase adalah panjang 41 m, lebar 18 m, 2 tingkat dengan luas total bangunan 1212 m².

Pada gambar 1 berikut memperlihatkan denah gedung perkuliahan Unukase untuk lantai 1 dan 2.



Gambar 1. Denah Gedung Perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan Lantai 1 dan 2.

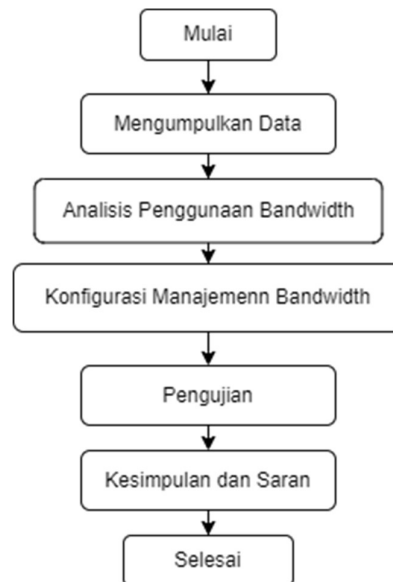
Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut :

1. Analisis Kebutuhan, yaitu melihat dari permasalahan yang ada dan kebutuhan penggunaan jaringan yang efektif dan optimal sehingga dapat menjadi penunjang dalam proses belajar mengajar

2. Desain, yaitu melakukan perancangan atau desain topologi jaringan sebelum dilakukan penerapan PCQ.
3. Pengembangan, yaitu Pengoptimalan *bandwidth* jaringan dengan metode PCQ di gedung perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan
4. Implementasi, yaitu menerapkan konfigurasi sistem jaringan pada mikrotik dengan menggunakan PCQ yang telah dibuat
5. Evaluasi, yaitu mengevaluasi jaringan dengan beberapa pengujian, apabila sistem terjadi *error*, maka dilakukan tahap perbaikan sistem sampai sistemnya berjalan dengan baik.

Gambar 2 memperlihatkan prosedur penelitian diawali dengan pengumpulan data yang juga termasuk dari bagian dari analisis kebutuhan pengguna *bandwidth*, kemudian dilakukan perancangan, pengembangan dan Implementasi konfigurasi manajemen *bandwidth*. Terakhir dilakukan pengujian dan diambil kesimpulan serta saran.



Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Penelitian

Data Penelitian

Pengumpulan data penelitian diperlukan dalam mengimplementasikan manajemen *bandwidth* pada jaringan internet di gedung perkuliahan Unukase. Data penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder.

Untuk data primer pengumpulan datanya dilakukan secara langsung pada objek penelitian dengan cara observasi dan wawancara untuk mengetahui dan menguji jaringan internet dengan menggunakan aplikasi pendukung lainnya. Sedangkan untuk data sekunder pengumpulan data dilakukan dengan cara tidak langsung pada objek penelitian, tetapi berbagai sumber referensi seperti, jurnal, buku, literatur, dan internet yang berhubungan dengan penelitian serta dapat dijadikan sebagai pedoman penelitian

Instrumen

Kebutuhan *hardware* maupun *software* sebagai alat pendukung penelitian untuk dapat berjalan dengan baik haruslah memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan seperti diperlihatkan pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
Laptop Asus	RAM 8GB i3-3250u - 2.60 GHz	1
Mikrotik	RB 750Gr3	1
Access Point	TL-WR844N	1
Kabel UTP	Straight	3

Tabel 2. Perangkat Lunak (*Software*)

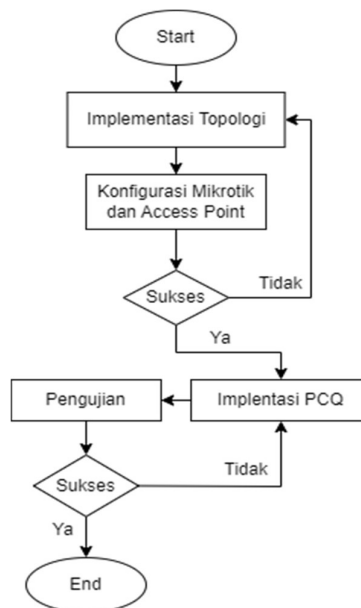
Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan
Winbox	Version 3.7	Digunakan untuk meremote sebuah server mikrotik
Speed Test	Ookla.com	Digunakan sebagai alat untuk mengukur kecepatan internet

Metode Analisis

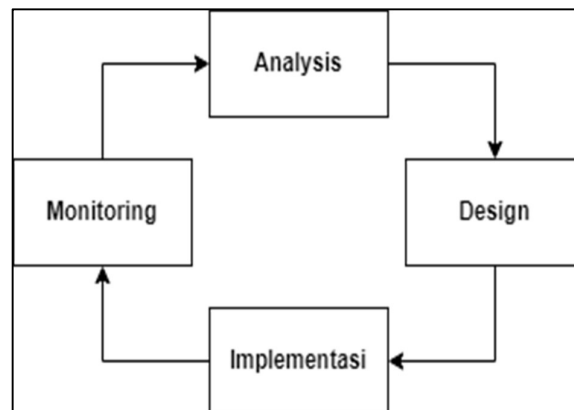
Metode analisis meliputi analisis masalah, analisis kebutuhan dan analisis proses penelitian. Pada analisis masalah penelitian dilakukan untuk mengetahui permasalahan dan sumber daya yang ada sehingga dapat melakukan perancangan untuk menyelesaikan masalah. Dari tahap analisis dapat diketahui dengan jelas masalah apa saja yang sering muncul, bagaimana cara menyelesaikan masalah atau kendala pada pengaturan dan pembagian bandwidth sampai solusi yang dapat diajukan untuk memecahkan masalah tersebut. Pada analisis kebutuhan, proses ini merupakan hal yang harus dilakukan untuk mengimplementasikan dan mendapatkan informasi hasil dari analisa sistem yang di bangun. Untuk analisis proses dilakukan setelah analisis masalah dan analisis kebutuhan, diawali dengan implementasi topologi jaringan yang dibuat kemudian implementasi PCQ dan pengujian sistem. Gambar 3 memperlihatkan diagram alir analisis proses penelitian.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang dipakai pada penelitian ini adalah *Network Development Life Cycle* (NDCL) merupakan model yang mendefinisikan siklus proses dalam membangun suatu sistem jaringan internet, NDLC mempunyai elemen yang mendefinisikan fase, tahapan, langkah atau mekanisme proses secara spesifik. Gambar 4 memperlihatkan metode MDC, yaitu terdiri dari analisis, desain, implementasi dan monitoring.



Gambar 3. Diagram Alir Analisis Proses Penelitian



Gambar 4. Metode NDLC

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahap Penelitian

Analisis Jaringan

ISP Indihome merupakan *profider* yang *mensuply* kebutuhan internet di gedung perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan yang memiliki kapasitas *bandwidth* 20Mbps yang diteruskan dengan menggunakan Router Mikrotik RB750Gr3 berfungsi sebagai *raouter* manajemen kemudian diteruskan dengan menggunakan TL-WR488n berfungsi sebagai *Access Point* yang menyebarkan jaringan internet.

Permasalahan Jaringan

Saat ini koneksi jaringan internet di gedung perkuliahan Universitas Nahdlatul Ulama Kalimantan Selatan digunakan secara bersama-sama tanpa ada batasan *bandwidth*, hal ini dikarenakan tidak ada pembatasan atau pengaturan manajemen *bandwidth* untuk setiap *user*.

Tahap Implementasi

Perancangan Jaringan

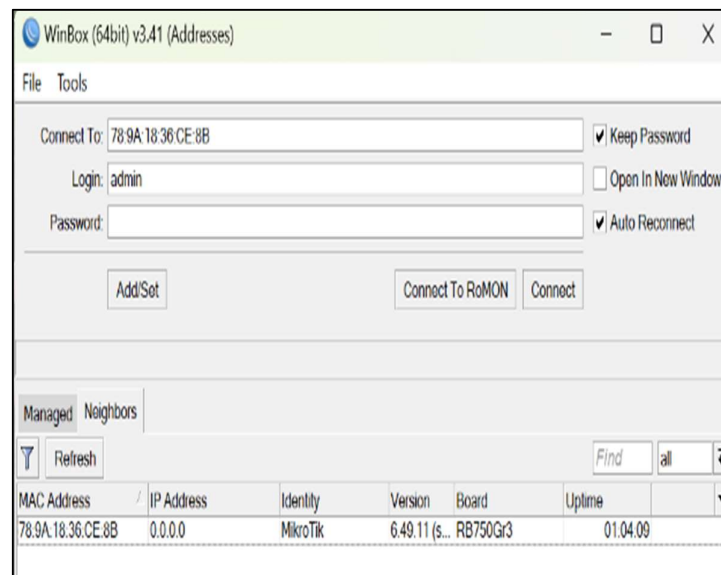
Aplikasi yang digunakan penulis dalam melakukan konfigurasi mikrotik dengan penerapan manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) menggunakan *software winbox*. Dengan mengkonfigurasi Mikrotik dan *Access Point* tambahan karena mikrotik RB750Gr3 tidak memiliki filter *wlan* sehingga penulis menambahkan perangkat *hardware* TL-WR488N sebagai *Access Point* untuk menyambungkan perangkat yang berbasis *wireless*.

Konfigurasi

Langkah-langkah implementasinya *bandwidth* manajemen menggunakan metode PCQ pada mikrotik RB750gr3 adalah:

1. Konfigurasi Router

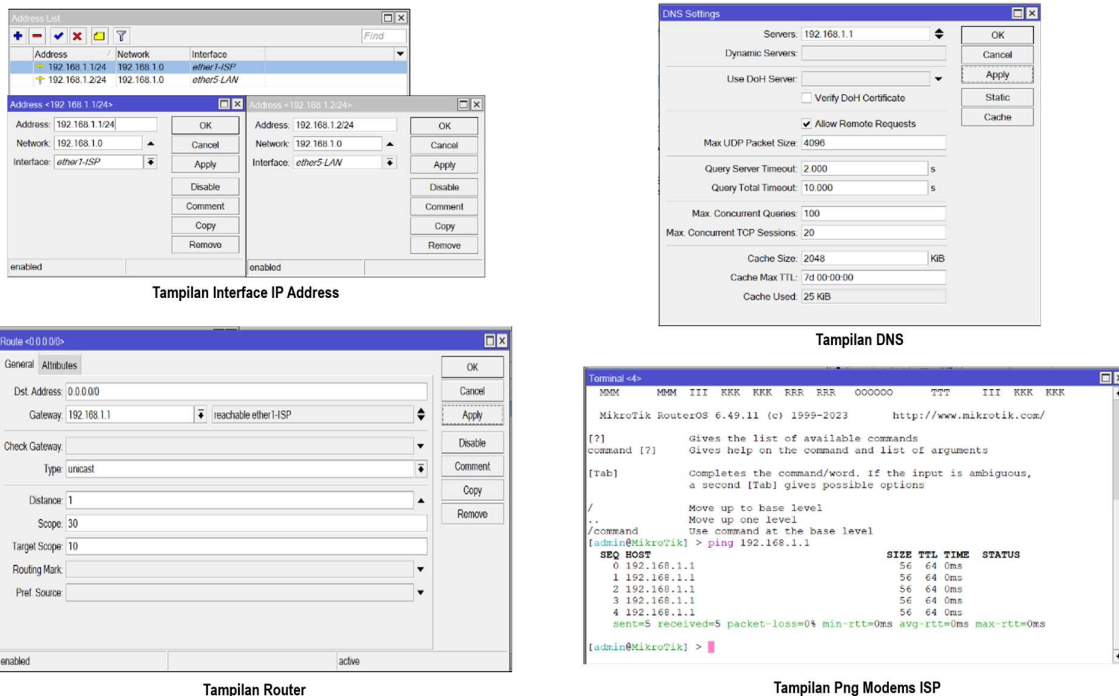
Hal pertama yang dilakukan adalah konfigurasi router melalui PC client menggunakan *winbox*. Setelah itu klik *MAC Address* yang sudah terdaftar di tampilan *Winbox*, kemudian klik *Connect*. Gambar 5 memperlihatkan tampilan awal *Winbox*.



Gambar 5. Tampilan Awal Winbox

a. Seting IP Address

Setelah berhasil login, tahap selanjutnya adalah konfigurasi *IP Address* dengan cara mengkonfigurasi setiap *interface IP address* yang ada di mikrotik. Gambar 6 memperlihatkan tampilan *Interface IP Address*.



Gambar 6. Tampilan Interface IP Address, Konfigurasi DNS, Konfigurasi Router, dan Ping Modem ISP

b. Setting Domain Name Server (DNS)

Berikutnya yaitu tahap konfigurasi DNS digunakan untuk pencarian nama *computer* atau *resolution* di jaringan yang menggunakan TCP/IP (*Transmission Control Protocol* atau *Internet Protocol*). Konfigurasi dengan memanggil IP 192.168.1.1 dari ISP.. Selanjutnya centang dibagian *allow remot request*, yang berfungsi bahwa seluruh *user/client* yang melalui jalur mikrotik akan mengikuti DNS bawaan yang sudah ditetapkan oleh ISP (*internet service provider*), klik *Apply* dan *ok*. Berikut konfigurasi DNS diperlihatkan pada gambar 6.

c. Setting Geteway

Tahap untuk menentukan jalur (*route*) yang akan dilalui paket data agar bisa mencapai tujuan. Yaitu memasukkan IP 192.168.1.1 pada bagian *gateway*, klik *Apply* dan *ok*. Berikut konfigurasi *Route* ditampikan pada gambar 6.

d. Cek Ping Modem ISP

Setelah proses setting *Routers* selesai lakukan pengujian pada modem ISP , modem memiliki IP Address 192.168.1.1 kemudian klik *enter.7*. Jika ping berhasil akan bertulisan "*Reply from [IP Address]*" yang artinya balasan dari perangkat atau server yang dituju. Jika gagal akan bertuliskan "*Request timed out*" yang artinya ping tidak menerima respons dari target. Tampilan ping modem ISP dapat dilihat pada gambar 6.

e. Setting Firewall Network Address Translation (NAT)

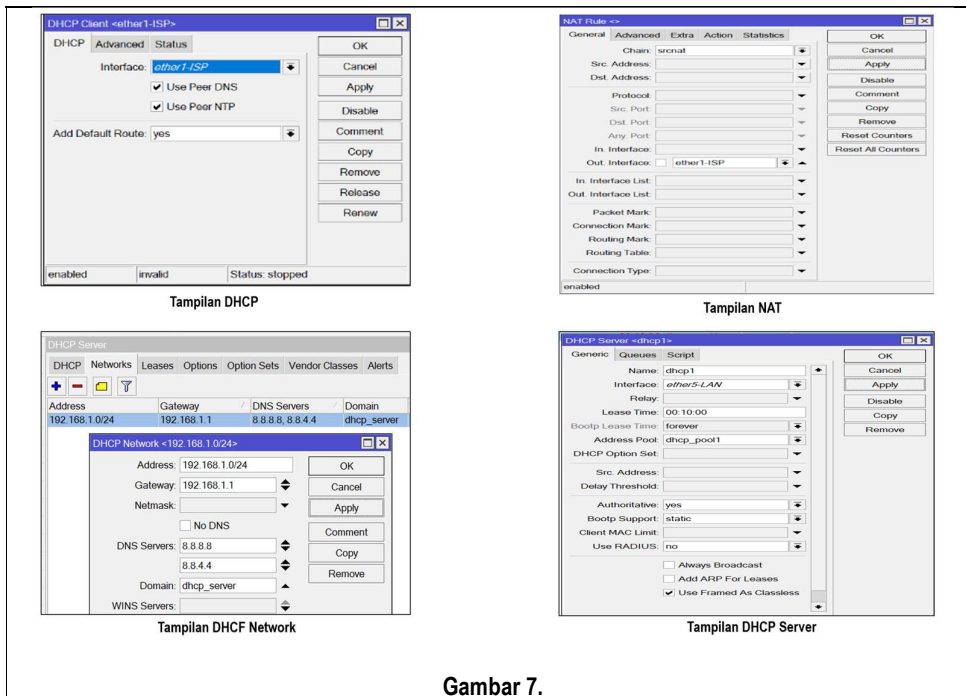
Tahap ini menambahkan *rule* NAT, pada bagian tab *General* menggunakan *srcnat* (*Source Network Address*) yang berfungsi agar *client* dapat terhubung ke internet. *Src. Address* nya IP 192.168.1.1/24 dan Out. Interface pilih *Ether1* yang terhubung langsung ke *internet*. Selanjutnya isi pada bagian tab *Action* menggunakan *masquerade*, klik *Apply* dan *ok*..

f. Setting Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Client

Lanjut ketahap konfigurasi DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*), berfungsi untuk mendapatkan alamat IP secara otomatis dari server DHCP. konfigurasi DHCP dapat dilihat pada gambar 7.

g. Setting Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) Server

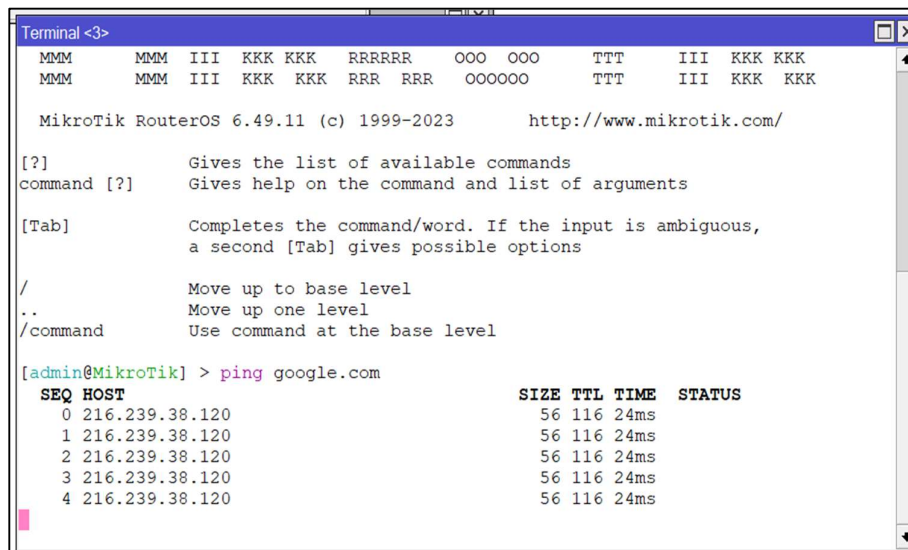
Langkah berikutnya melakukan tahapan setting DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) server, berfungsi untuk memberikan alamat ISP otomatis agar *Ethernet LAN Access Point* dapat terhubung ke *Internet*. Selanjutnya konfigurasi *Network* yang ada di DHCP server seperti pada gambar 7.



Gambar 7.

h. Cek Ping Google.Com

Setelah setting DHCP server sudah dibuat dan Accesspoint sudah bisa terhubung ke internet, selanjutnya lakukan pengujian untuk mengecek koneksi, klik *new terminal* dibagian kiri *filter* mikrotik, dengan cara ping `google.com`, kemudian klik *enter*. Jika ping berhasil akan bertuliskan `"Reply from [IP Address]"` yang artinya balasan dari perangkat atau server yang dituju. Jika gagal akan bertuliskan `"Request timed out"` yang artinya ping tidak menerima respons dari target.



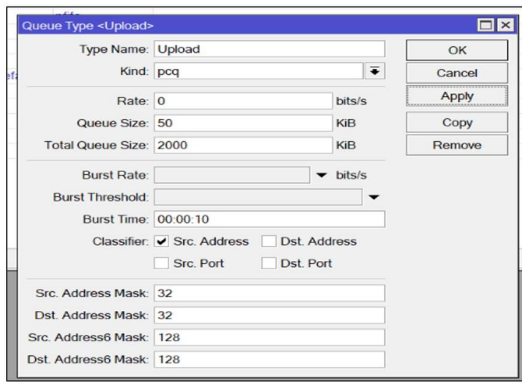
Gambar 8. Tampilan Png Google.com

2. Konfigurasi Per Connection Queue (PCQ)

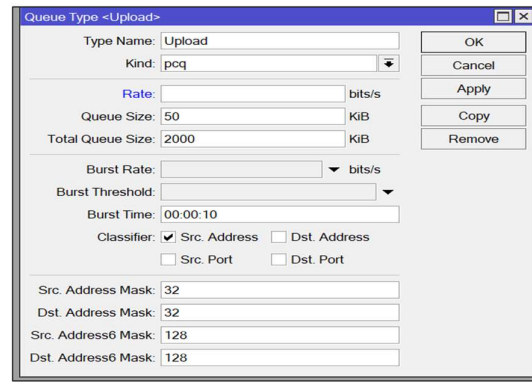
Tahap konfigurasi PCQ (*Peer Connection Queue*) adalah tahap manajemen *bandwidth* dengan cara membuat *queue type* yaitu PCQ *Download* dan PCQ *Upload*.

a. Setting Upload

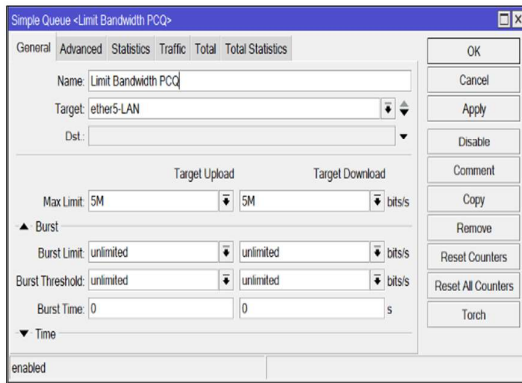
Untuk konfigurasinya masuk ke menu *queues* lalu klik *queues types*. Kemudian buat *queue type* baru dengan nama *Upload* pilih *pcq*, pada bagian *Src. Address* dan *Src. Port* yang artinya (*ip* dan *port* pengirim atau yang melakukan koneksi) di centang, untuk bagian yang lain biarkan *default* saja, seperti pada gambar 9.



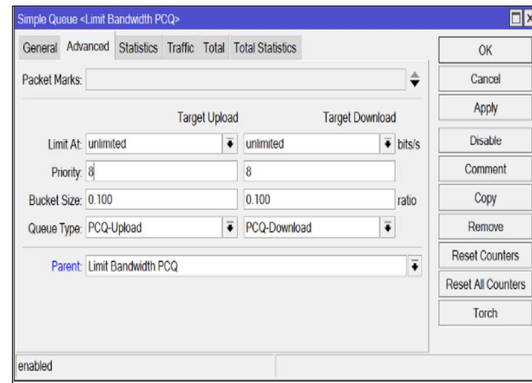
Tampilan PCQ Upload



Tampilan PCQ Download



Tampilan Simple Queue Type pada General



Tampilan Simple Queue Type pada Advanced

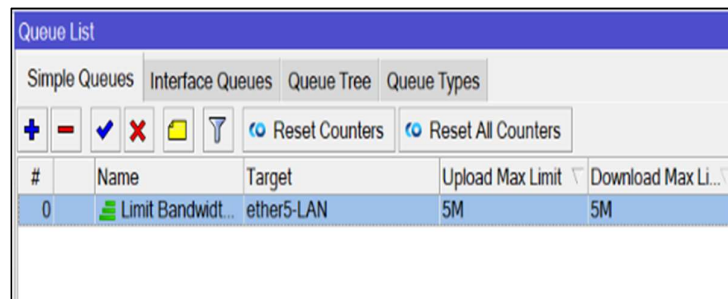
Gambar 9. Tampilan PCQ Upload

b. Setting Download

Untuk konfigurasinya masuk ke menu *queues* lalu klik *queues types*. Kemudian buat *queue type* baru dengan nama *download* pilih *pcq*, pada bagian *Dst. Address* dan *Dst. Port* yang artinya (*ip* dan *port* tujuan yang ingin diakses) di centang, untuk bagian yang lain biarkan *default* saja, seperti pada gambar 9..

c. Setting PCQ Pada Simple Queue Type

Pada tahap Simple Queue, dibagian General tetapkan target ether5 yang terhubung ke Access Point yang akan di manajemen. Lihat gambar 9. Dibagian tab Advanced tetapkan queue type target Upload dan Download. Pada gambar 10 diperlihatkan juga menampilkan hasil konfigurasi Queue Type yang sudah dibuat.



Gambar 10. Tampilan Hasil Queue Type

Tahap Pengujian

Proses test dilakukan dengan menggunakan *speedtest Ookla* untuk mengetahui nilai *download* dan *upload* apakah sesuai dengan konfigurasi yang telah dilakukan sebelumnya. Pengujian bandwidth dengan total bandwidth sebesar 20 Mbps dengan jumlah pengguna sebanyak 4 user yang terhubung,

Pengujian Sebelum Konfigurasi

Pengujian sebelum konfigurasi, merupakan pengujian yang dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui *bandwidth* sebelum dikonfigurasi. Tabel 3 memperlihatkan *bandwidth* sebelum konfigurasi.

Tabel 3. Bandwidth Sebelum Konfigurasi

Keterangan	Ping	Download	Upload
User 1	9ms	5.47Mbps	4.65Mbps
User 2	116ms	5.65Mbps	4.27Mbps
User 3	8ms	6.81Mbps	1.81Mbps
User 4	117ms	2.08Mbps	8.06Mbps

Pengujian Sesudah Konfigurasi

Pengujian sesudah konfigurasi bertujuan untuk mengetahui hasil pembagian *bandwidth* yang telah dilakukan konfigurasi konfigurasi

Tabel 4. Bandwidth Sesudah Konfigurasi

Keterangan	Ping	Download	Upload
User 1	3ms	5.47Mbps	4.56Mbps
User 2	7ms	5.65Mbps	4.27Mbps
User 3	5ms	5.89Mbps	4.38Mbps
User 4	9ms	5.08Mbps	4.79Mbps

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari implementasi manajemen bandwidth, pengujian *throughput* sebelum dan sesudah dikonfigurasi memiliki perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat dilihat pada grafik diatas bahwa perbedaan *throughput* sebelum yang didapat oleh *user* sebelum menerapkan pembagian *bandwidth* dengan PCQ (*Per Connection Queue*), bahwa semua *user* pembagian *bandwidth* tidak merata, seperti *user* 1 dan 2 mendapatkan *download* sebesar 5Mbps lebih, dan *user* 3 mendapatkan akses *download* 6Mbps serta *user* 2 hanya mendapatkan akses *download* 2Mbps, sehingga terjadi tidak merata pembagian *download* dan *upload* pada setiap *user*. Hasil pengujian setelah menerapkan pembagian *bandwidth* dengan PCQ (*Per Connection Queue*), bahwa semua *user* akses *download* lebih merata dengan mendapat 5Mbps, untuk akses *upload* semua *user* mendapat hampir 5Mbps

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dari tahap analisis, konfigurasi dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat dihasilkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Manajemen *bandwidth* dengan menerapkan metode PCQ (*Pre Connection Queue*) yang telah dibuat dapat membuat pemakaian *bandwidth* menjadi lebih stabil.
2. Alokasi *bandwidth* dapat terlimit dengan baik pada saat *client/user* yang terhubung melakukan aktivitas *download* dan *upload*

Saran

Saran yang penulis dapat berikan untuk mendukung implementasi manajemen *bandwidth* di Gedung perkuliahan, antara lain :

1. Bagi peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode pada variasi jumlah *user* dan *bandwidth* yang berbeda agar mendapatkan hasil yang terbaru.
2. Bagi Universitas diharapkan dapat menambah jumlah *bandwidth* serta perangkat jaringan untuk memperluas jangkauan jaringan internet di setiap ruang kelas.

DAFTAR PUSTAKA

- Arman AF, Budiman E, Taruk M. Implementasi Metode PCQ pada QoS Jaringan Komputer Fakultas Farmasi Universitas Mulawarman. J Reayasa Teknol Inf. 2020;4(2):100.
- Darmadi, Agus E. (2019).Manajemen Bandwidth Internet Menggunakan Mikrotik Router Di Politeknik Tri Mitra Karya Mandiri. IKRA-ITH Teknol. 3(3):7–13.
- Ichwan MI, Sugiyanta L, Yunanto, Wibowo P. (2019). Analisis Manajemen Bandwidth Hierarchical Token Bucket (HTB) dengan Mikrotik pada Jaringan SMK Negeri 22. PINTER.; 3(2):122–6.
- Noviriandini A, Hermanto, Ayu Ambarsari D, Didy E. (2022). Analisis Management Bandwidth Dan Firewall Dengan Router Mikrotik Pada Pt. Bca Multifinance. J Tek dan Sci;1(3):40–5.

- Rasim, Mugiarto, Warta J. (2022). Implementasi Metode Queue Tree Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Hotspot (Studi Kasus : Onesnet Bekasi). 151–60.
- Saputra A. (2023). Implementasi Manajemen Bandwidth Berbasis Mikrotik Menggunakan Metode Pcq (Per Conecction Queue) Pada Smk Yaj Depok. *JITET (Jurnal Inform dan Tek Elektro Terap*;11(3):1113–9.
- Senoria, Pahlawani R, Dawi N, Hariadi F. (2023). Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Hotspot Pada SMA Negeri 1 Kembara. *Sustain Agric Technol Innov.* 249–62.
- Untung Suprihadi, S.Kom. MP. (2021). Tutorial Jaringan Handal Dengan MikroTik dan CISCO .pdf. p. 5–9.