

# IMPLEMENTASI METODE *PCQ-QUEUE TREE* PADA ROUTER MIKROTIK DAN MONITORING *CACTI* UNTUK PENINGKATAN *QUALITY OF SERVICE*

Nurfiana<sup>1</sup>, Dani Ramanda<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Fakultas Ilmu Komputer, Institut Informatika dan Bisnis Darmajaya*

<sup>1</sup>[nurfiana@darmaajaya.ac.id](mailto:nurfiana@darmaajaya.ac.id)

<sup>2</sup>[muhamaddani3004@gmail.com](mailto:muhamaddani3004@gmail.com)

**Abstrak**— Manajemen *bandwidth* merupakan cara untuk mengatur jaringan komputer agar *bandwidth* digunakan secara optimal dan terbagi merata ke semua pengguna internet. *Bandwidth* merupakan perhitungan konsumsi transfer data telekomunikasi yang dihitung dalam satuan *bit per detik (bps)* yang terjadi antara komputer *server* dan komputer *client*. Warnet SweetNet terletak di kota Bandar Lampung sudah sejak lama usaha didalam bidang layanan internet dengan pengguna cukup banyak. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *PCQ-Queue Tree* dan menerapkan monitoring *software Cacti* yang dikonfigurasi pada perangkat Raspberry Pi. Implementasikan sistem ini telah diuji coba dan terbukti dapat meningkatkan *Quality of Service (QoS)* pada Warnet SweetNet. Hasil implementasi metode *PCQ* menggunakan *Queue Tree* mendapatkan peningkatan nilai *QoS* dilihat dari pengujian parameter : a) *Throughput* meningkat pada 1 komputer yang aktif sebesar 0,6 %, b) memperkecil *delay* sampai dengan 30 *milisecond*, c) *Jitter* paling besar nilai pada angka 0,69 *millisecond*. Selain meningkatkan nilai *QoS*, *bandwidth* Warnet SweetNet dapat dimonitoring menggunakan *software Cacti*.

**Kata Kunci**— *Manajemen Bandwidth, Mikrotik, QoS, software Cacti, Raspberry Pi.*

## I. PENDAHULUAN

Manajemen *bandwidth* merupakan suatu hal yang penting di dalam jaringan komputer. Manajemen *bandwidth* merupakan teknik pengelolaan jaringan sebagai usaha untuk memberikan performa jaringan yang adil dan memuaskan [5]. *Bandwidth* adalah perhitungan konsumsi transfer data telekomunikasi yang dihitung dalam satuan *bit per detik* atau biasa disingkat *bps* yang terjadi antara komputer *server* dan komputer *client* dalam waktu tertentu [1]. *Bandwidth* dapat di tambah agar data dapat dikirimkan dengan cepat sesuai yang diinginkan.

Warung Internet (Warnet) Sweet-Net merupakan salah satu Warnet yang terletak di Kota Bandar Lampung. Warnet Sweet-Net membuka usaha dibidang layanan ini telah berlangsung lama. Saat ini Warnet Sweet-Net telah membuka cabang yang terletak di luar Kota Bandar Lampung, yaitu Natar. Pemakaian Internet di Warnet Sweet Net cukup padat, pengguna Warnet Sweet-Net kebanyakan mahasiswa atau pelajar. Masalah yang dihadapi oleh Warnet Sweet-Net saat ini adalah *bandwidth* yang cukup besar namun belum dikelola dengan baik sehingga sebesar apapun *bandwidth* jika tidak dikelola dengan baik tidak akan cukup untuk melakukan

kegiatan *Browsing, Download, Upload, Video Streaming* dan aktifitas lain yang melalui layanan internet.

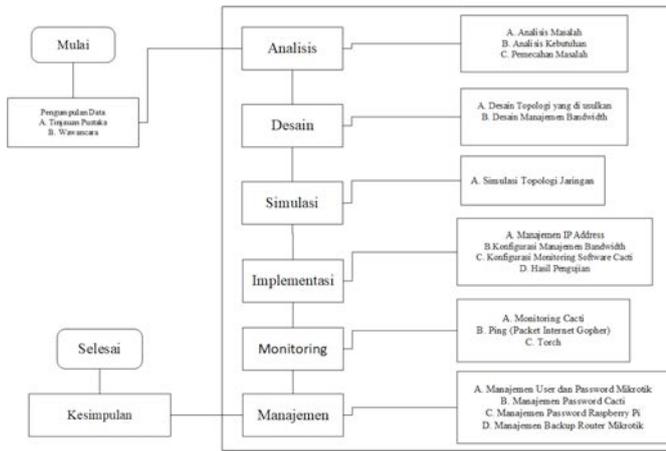
Saat ini tersedia beberapa perangkat keras router yang sudah terkenal seperti Cisco, Juniper, dan Mikrotik yang dapat digunakan untuk manajemen *bandwidth*. Router Mikrotik digunakan karena harganya cukup terjangkau skala Warnet, selain dapat memajemen *bandwidth* Mikrotik routerboard memiliki beberapa fasilitas seperti *bandwidth management, stateful firewall, hotspot for plug and play access, remote winbox GUI admin, dan routing* [5]. Pada Router Mikrotik terdapat dua cara untuk memajemen *bandwidth* yaitu *Simple Queue* dan *Queue Tree*. Didalam *Queue Tree* terdapat beberapa metode yaitu *Stochastic Fairness Queue (SFQ), Peer Connection Queue (PCQ), dan Random Early Drop (RED)* yang dapat digunakan untuk memajemen *bandwidth*.

*Cacti* adalah perangkat lunak (*software*) yang digunakan untuk memonitoring jaringan dan grafik yang di tulis dengan *PHP/MySQL* dan bersifat *Open Source* [3]. *Software Cacti* dikonfigurasi pada perangkat Raspberry Pi. Raspberry Pi adalah komputer mikro berukuran seperti kartu kredit yang di kembangkan oleh Raspberry Pi Foundation, Inggris. Komputer single board ini dikembangkan dengan tujuan mengajarkan dasar-dasar ilmu komputer dan pemrograman untuk siswa di seluruh dunia [2]. Raspberry Pi digunakan sebagai pengganti PC agar daya listrik lebih kecil.

Hal ini menjadi latar belakang pemikiran penulis tentang perlunya peningkatan *QoS* menggunakan router Mikrotik dengan teknik *Queue Tree* dengan metode *Per Connection Queue (PCQ)* dan monitoring *bandwidth software Cacti* pada Raspberry Pi. Peningkatan jaringan diharapkan mampu memberikan solusi terhadap permasalahan di atas di jaringan komputer Warnet SweetNet.

## II. METODOLOGI

Metode alur penelitian yang digunakan adalah metode *Network Development Life Cycle (NDLC)*. Sesuai dengan namanya, model NDLC terdiri dari enam tahapan yaitu *Analysis (Analisis), Design (Desain), Simulation (Simulasi), Implementation (Implementasi), Monitoring (Monitoring), Management (Manajemen)* (Gbr. 1).

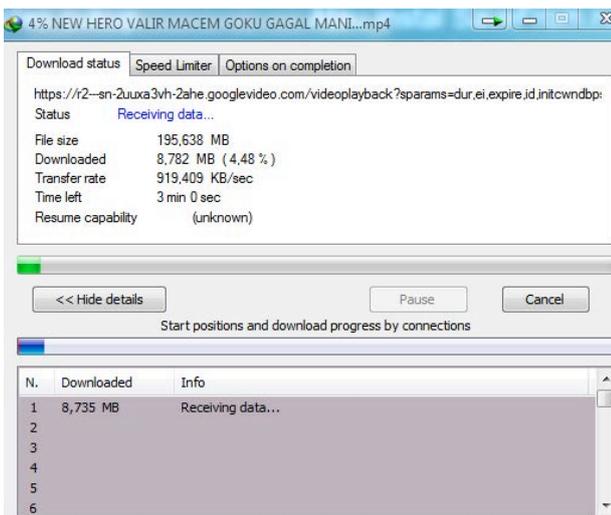


Gbr. 1 NDLC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

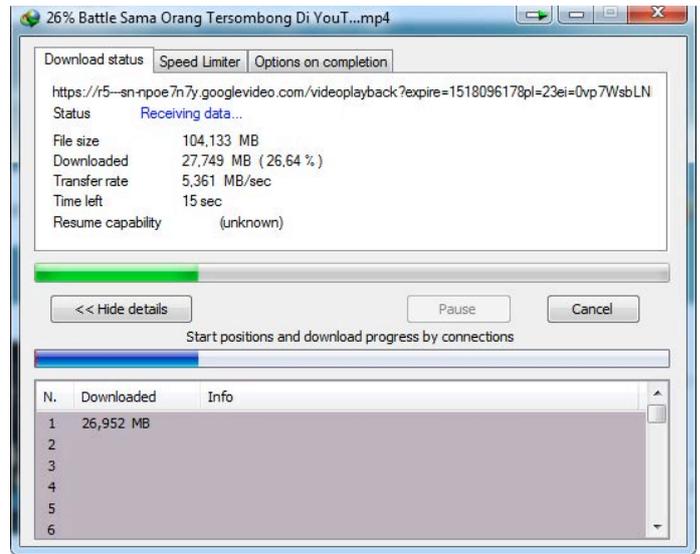
A. Analisis Masalah

Warnet Sweet-Net memiliki 14 komputer klien, 1 komputer operator dan 1 server diskless. Server diskless merupakan suatu layanan jaringan komputer yang dapat beroperasi tanpa ketersediaan media penyimpanan lokal (*hardisk*) pada komputer klien. PC operator digunakan untuk mencatat waktu dan biaya penggunaan internet oleh pengguna komputer Warnet SweetNet. Warnet Sweet-Net adalah melalui modem Indihome dari Telkom dengan jaringan fiber optik yang mendukung kecepatan sampai dengan 100 Mbps. Warnet SweetNet belum menerapkan pengelolaan *bandwidth* dengan baik sehingga kecepatan *download* dan *upload* tiap-tiap komputer klien berbeda. Uji coba menggunakan topologi yang ada menggunakan 2 komputer klien (PC2 dan PC 12) secara bersamaan mengunduh file video dari laman <https://www.youtube.com>. Terlihat pada komputer 2 kecepatan unduh menggunakan *software* Internet Download Manager (IDM) sebesar 919 KB/second (Gbr. 2).



Gbr. 2 PC 2

Sedangkan pada komputer 12 kecepatan unduh sebesar 5,3 MB/second (Gbr. 3)



Gbr. 3 PC 12

B. Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan merupakan hal yang harus dilakukan untuk mengimplementasikan dan mendapatkan informasi hasil dari analisa sistem yang di bangun. Ada beberapa elemen – elemen seperti *hardware* dan *software*.

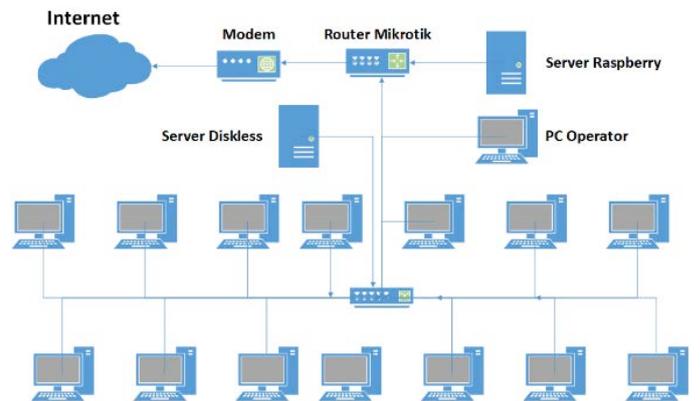
C. Pemecahan Masalah

Masalah pembagian *bandwidth* yang tidak merata dapat diatasi dengan cara manajemen penggunaan *bandwidth*. Manajemen *bandwidth* dapat menggunakan router Mikrotik sedangkan untuk masalah monitoring penggunaan *bandwidth* dapat memanfaatkan *software* Cacti yang diinstall pada perangkat Raspberry Pi. Sehingga diperlukan topologi baru untuk menggantikan topologi yang saat ini berjalan.

D. Tahap Desain

1) Desain Topologi Jaringan yang Diusulkan

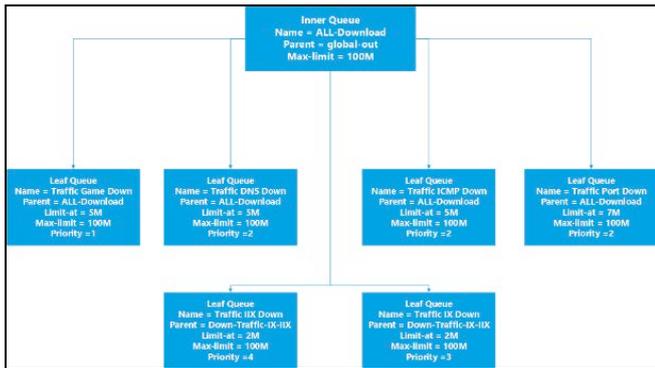
Pada tahap ini dilakukan perancangan topologi jaringan komputer baru Warnet SweetNet. Pada jaringan komputer baru ini dilakukan penambahan perangkat router Mikrotik dan perangkat Raspberry Pi sebagai monitoring *software* Cacti.



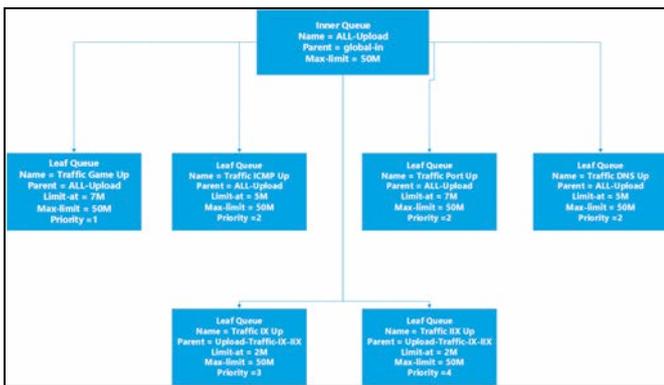
Gbr. 4 Topologi Sistem Baru

2) Desain Manajemen Bandwidth

Pada router Mikrotik metode Hierarchical Token Bucket (HTB) sebagai metode default disamping metode lain seperti PCQ. Adapun batas maksimum dari alokasi *bandwidth* yang akan diterima komputer client disebut *Maximum Information Rate (MIR)* sedangkan untuk *bandwidth* minimum disebut dengan *Committed Information Rate (CIR)*. Pada saat menyusun konfigurasi queue tree tersebut ke dalam bentuk hirarki, akan ada konfigurasi queue yang bertindak sebagai parent (*inner queue*) dan ada konfigurasi queue yang bertindak sebagai child (*leaf queue*). Desain manajemen *bandwidth* pada Gbr. 5 dan desain manajemen *bandwidth* upload pada Gbr 6.



Gbr. 5 Desain Manajemen Bandwidth Download

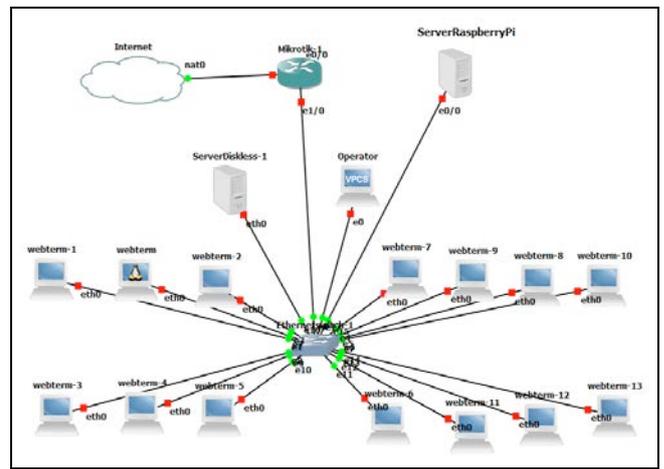


Gbr. 6 Desain Manajemen Bandwidth Upload

E. Tahap Simulasi

1) Simulasi Topologi Jaringan:

Pada tahap simulasi, penulis menggunakan *software* sebagai tempat simulasi jaringan. Penulis memilih *software Graphical Network Simulation (GNS3)* sebagai simulasi jaringan karena dengan simulasi penulis dapat melakukan uji coba tanpa menggunakan kinerja jaringan yang sedang berjalan.



Gbr. 7 Simulasi Jaringan GNS3

F. Tahap Implementasi

1) Manajemen IP Address

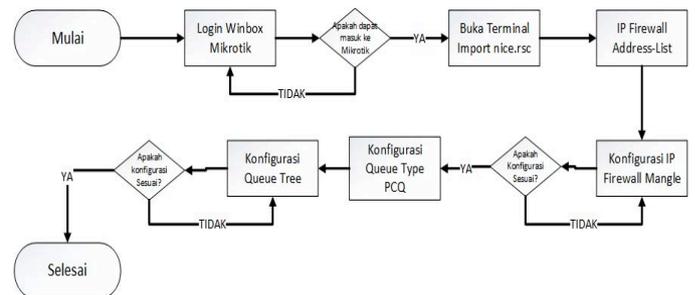
Pengaturan IP Address dilakukan dengan menggunakan subnetting (VLSM). Warnet Sweet-Net memiliki PC Client 14, 1 PC Operator, 1 PC Server, dan 1 Server Raspberry Pi yang mempunyai rincian sebagai berikut :

IP	Subnet Mask	Network	Keterangan
36.68.170.45		36.68.168.1	IP Modem (Dynamic)
192.168.0.30	255.255.255.224	192.168.0.0	IP Router Local
192.168.0.24	255.255.255.224	192.168.0.0	Server Diskless
192.168.0.15	255.255.255.224	192.168.0.0	IP Server Raspberry Pi
192.168.0.29	255.255.255.224	192.168.0.0	IP PC Operator
192.168.0.1	255.255.255.224	192.168.0.0	IP PC Client
-			
192.168.0.14			

Gbr. 8 IP Address Warnet SweetNet

2) Konfigurasi Manajemen Bandwidth:

Tahap konfigurasi manajemen bandwidth di jelaskan dengan membuat alur diagram *flowchart* yang dapat di lihat pada Gbr 9.



Gbr. 9 Flowchart Konfigurasi Manajemen bandwidth Queue Tree

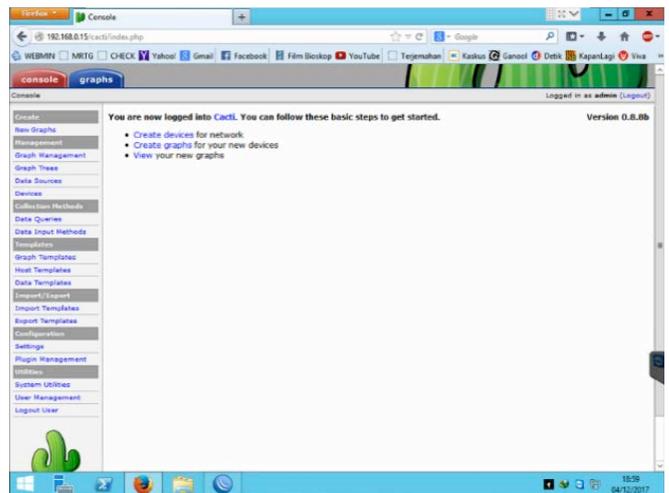
Pada tahap alur diagram *flowchart* gambar 8, langkah pertama dengan login ke router Mikrotik untuk konfigurasi semua kebutuhan. Jika dapat masuk ke router Mikrotik import *nice.rsc* yaitu daftar ip address indonesia yang di *advertise* du OpenIXP dan IIX. Semua daftar ip address tersebut berada di

**IP > Firewall > Address-List.** Selanjutnya konfigurasi **IP > Firewall > Mangle** seperti Gbr 10.

Selanjutnya masuk ke *software* Cacti menggunakan browser dengan mengakses IP address Raspberry Pi <http://192.168.0.15/cacti> (Gbr. 13).

```
Using nice.rac from www.mikrotik.co.id, 28 January 2018 20:14:11 WIB, 2287 11...
[nyu777@SweetNET] > /ip firewall mangle
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-connection chain=prerouting come
nt=Port Traffic disabled-\
... no dst-ports=8291 in-interface=Local new-connection=mark-Mark-port \
... passthrough=yes protocol=top src-address-list=Local
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-connection chain=prerouting disab
led=no dst-ports=21 \
... in-interface=Local new-connection=mark-Mark-port passthrough=yes \
... protocol=top src-address-list=Local
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-connection chain=prerouting disab
led=no dst-ports=22 \
... in-interface=Local new-connection=mark-Mark-port passthrough=yes \
... protocol=top src-address-list=Local
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-packet chain=prerouting connectio
n=mark-Mark-port disabled-\
... no new-packet=mark-download-port out-interface=Local passthrough=no
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-connection chain=prerouting come
nt="UDP Traffic" disabled=no \
... dst-port=53 in-interface=Local new-connection=mark-Markcon-udp \
... passthrough=yes protocol=udp src-address-list=Local
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-packet chain=prerouting connectio
n=mark-Markcon-udp disabled-\
... no in-interface=Local new-packet=mark-UpLoad-UDP passthrough=no
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-packet chain=postrouting connectio
n=mark-Markcon-udp \
... disabled=no new-packet=mark-Download-UDP out-interface=Local \
... passthrough=no
[nyu777@SweetNET] /ip firewall mangle> add action=mark-connection chain=prerouting come
nt="ICMP Traffic" disabled-\
```

Gbr. 10 IP Firwall Mangle



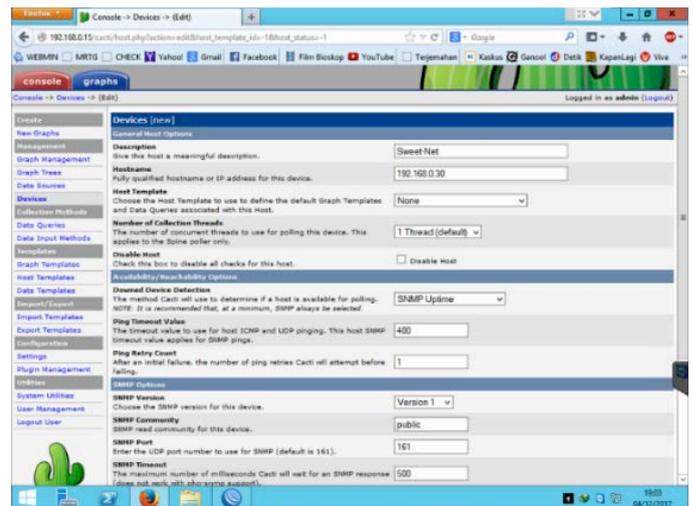
Gbr. 13 Interface Awal Cacti

Konfigurasi mangle digunakan untuk menandai packet data yang masuk ke dalam dan keluar dari router Mikrotik. Untuk membuat Queue Tree harus mengkonfigurasi mangle dahulu, dan gambar 11 hasil dari Queue Tree.

Kemudian tambahkan device yang akan di monitoring seperti router Mikrotik. Langkah menambahkan perangkat Router Mikrotik pada Gbr. 14 yaitu dengan menu pilihan pada sebelah kiri pilih **Device >> Add**.

Name	Parent	Packet	Priority	Limit & B.	Max Limit	Avg. R.	Burst	Packets
ALL-DOWNLOAD	Default	1	5M	100M 97.1M	23.838	25.199	0	0
Traffic Game Down	ALL-DOWNL...	DownL...	2	5M	100M 7.54kb	681.6	6.061	0
Traffic DNS Down	ALL-DOWNL...	DownL...	2	5M	100M 0.0kb	0.0	0.0	0
Traffic ICMP Down	ALL-DOWNL...	DownL...	2	7M	100M 14.24kb	1698.7	23.434	0
Traffic Ix Down	ALL-DOWNL...	DownL...	3	2M	100M 96.1M	33.638	26.018	0
Traffic Ix Down	ALL-DOWNL...	DownL...	4	2M	100M 1059.3	197.3	147.621	0
ALL-UPLOAD	Default	1	7M	50M 1877.2	615.1	13.770	0	0
Traffic Game Up	ALL-UPLOA...	Up-ICMP	2	5M	50M 0.0kb	0.0	0.0	0
Traffic ICMP Up	ALL-UPLOA...	Up-ICMP	2	7M	50M 127.5k	6.6 MB	30.137	0
Traffic Port Up	ALL-UPLOA...	Up-ICMP	2	5M	50M 3.24kb	385.0	6.081	0
Traffic DNS Up	ALL-UPLOA...	Up-ICMP	3	2M	50M 1726.3	603.7	13.656	0
Traffic Ix Up	ALL-UPLOA...	Up-ICMP	4	2M	50M 18.0kb	450.1	77.467	0

Gbr. 11 Queue Tree



Gbr. 14 Add Device

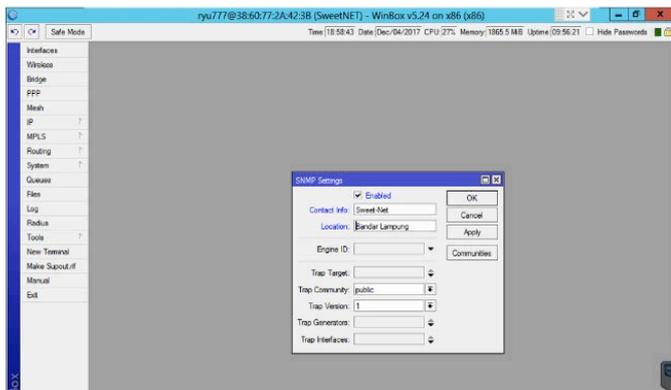
3) Konfigurasi Monitoring Software Cacti:

Untuk mengkonfigurasi monitoring software Cacti langkah awal adalah mengaktifkan protocol SNMP pada Router Mikrotik. Langkah mengaktifkan nya pada Gbr 12 dengan cara mengklik **IP >> SNMP >> Checklist Enabled, Contact info : Sweet-Net, Location : Bandar Lampung >>OK.**

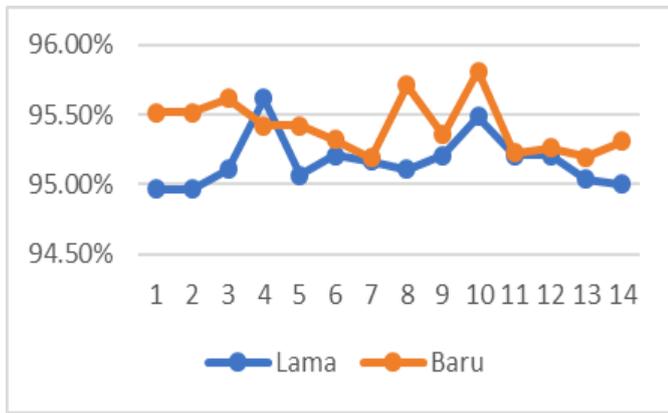
G. Hasil Pengujian

1) Uji Throughput

Berdasarkan grafik pada Gbr. 15 Hasil Throughput pada kondisi saat topologi jaringan lama Warnet SweetNet dan topologi jaringan baru mengimplementasikan manajemen *bandwidth* Queue Tree dengan metode *Peer Connection Queue* (PCQ). Terlihat nilai throughput awal pada saat 1 komputer aktif, jaringan lama memiliki nilai 94,9% sedangkan jaringan baru memiliki nilai 95,5%. Untuk nilai throughput tertinggi pada jaringan baru yaitu 95,8% dengan 10 komputer aktif.



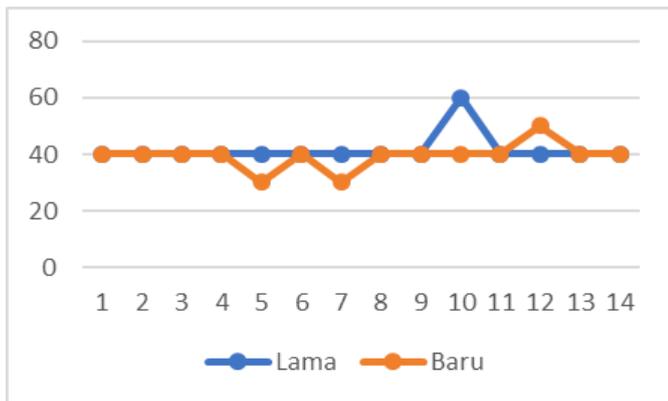
Gbr. 12 SNMP Router Mikrotik



Gbr. 15 Hasil Throughput

2) Uji Delay

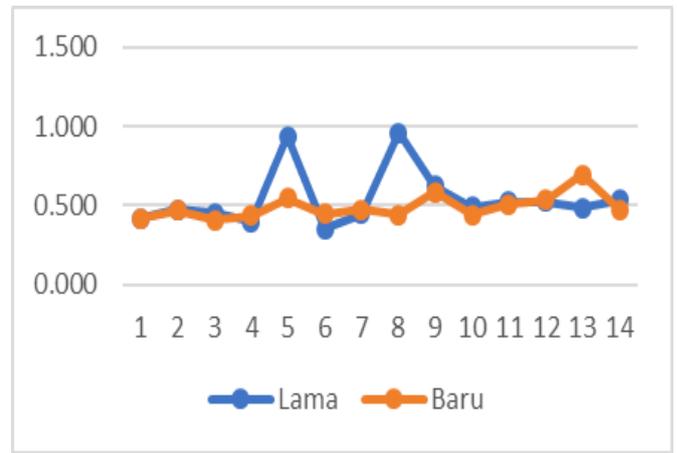
Grafik pada Gbr. 16 menunjukkan hasil delay topologi jaringan lama dan topologi jaringan baru diterapkan manajemen *bandwidth* hampir sama. Namun pada saat 5 komputer dan 7 komputer aktif bersama pada jaringan baru dapat memperkecil delay dengan nilai 30 milisecond. Untuk jaringan lama nilai delay tertinggi pada saat 10 komputer aktif dengan nilai delay sebesar 60 milisecond.



Gbr. 16 Hasil Delay

3) Uji Jitter

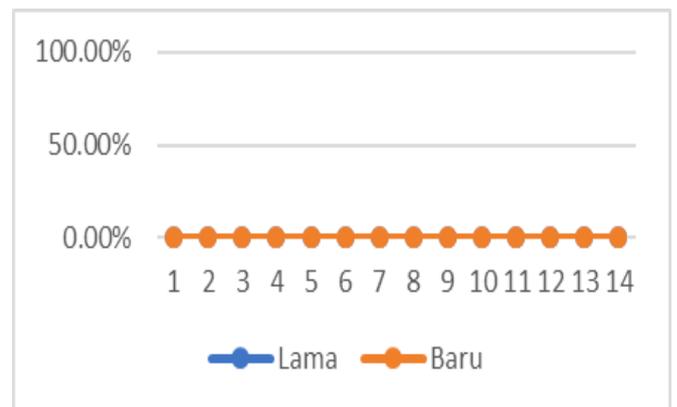
Grafik Gbr. 17 menunjukkan hasil jitter pada topologi jaringan lama dan topologi jaringan baru diterapkan manajemen *bandwidth* berada pada nilai stabil tanpa adanya nilai tinggi. Nilai terendah jitter pada jaringan lama hanya terjadi pada saat 6 komputer aktif yaitu dengan nilai jitter 0,35 milisecond. Namun pada jaringan lama terjadi kenaikan nilai jitter pada saat 5 dan 7 komputer aktif dengan nilai 0,93 milisecond dan 0,95 milisecond.



Gbr. 17 Hasil Jitter

4) Uji Packet Loss

Grafik Gbr. 18 menunjukkan tidak adanya nilai packet loss yang terjadi pada topologi jaringan lama dan topologi jaringan baru, semua rata-rata pada nilai 0% yang berarti tidak adanya data yang hilang selama komputer dari 1 sampai 14 aktif bersama melakukan kegiatan internet. Hal ini bisa terjadi dikarenakan *bandwidth* yang tersedia besar sangat cukup untuk dapat melayani.

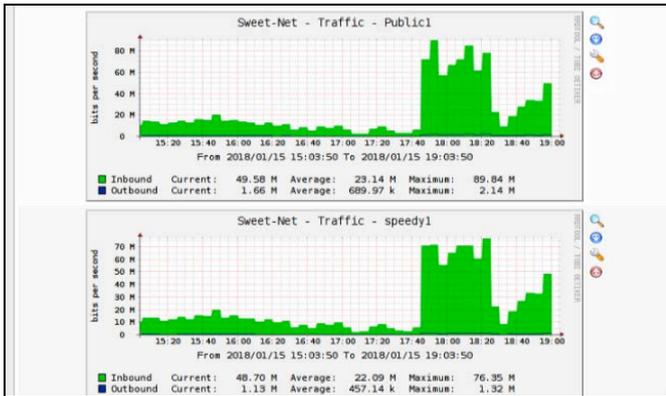


Gbr. 18 Hasil Packet Loss

H. Tahap Monitoring

1) Monitoring Cacti

Sebagai admin pada Warnet atau pemilik Warnet ingin mengetahui apakah *traffic* yang berjalan di jaringan sudah sesuai dengan semestinya. Cara nya yaitu dengan menggunakan monitoring jaringan menggunakan *software* Cacti yang diinstall di perangkat Raspberry Pi.



Gbr. 19 Monitoring Cacti

2) Packet Internet Gopher (Ping)

Pada router Mikrotik dapat dilakukan ping secara langsung menggunakan Winbox melalui menu **Tools >> Ping**, kemudian masukkan alamat IP Address. Pada Gbr. 20 konektivitas jaringan yang di monitor yaitu connect atau tidaknya komputer asal ke komputer atau IP Address tujuan.

Seq #	Host	Time	Reply Size	TTL	Status
12	8.8.8.8	46ms	50	57	
13	8.8.8.8	34ms	50	57	
14	8.8.8.8	50ms	50	57	
15	8.8.8.8	55ms	50	57	
16	8.8.8.8	47ms	50	57	
17	8.8.8.8	41ms	50	57	
18	8.8.8.8	52ms	50	57	
19	8.8.8.8	46ms	50	57	
20	8.8.8.8	46ms	50	57	
21	8.8.8.8	54ms	50	57	
22	8.8.8.8	45ms	50	57	
23	8.8.8.8	53ms	50	57	
24	8.8.8.8	37ms	50	57	
25	8.8.8.8	49ms	50	57	
26	8.8.8.8	45ms	50	57	
27	8.8.8.8	16ms	50	57	
28	8.8.8.8	81ms	50	57	
29	8.8.8.8	60ms	50	57	
30	8.8.8.8	82ms	50	57	
31	8.8.8.8	65ms	50	57	
32	8.8.8.8	44ms	50	57	
33	8.8.8.8	45ms	50	57	
34	8.8.8.8	38ms	50	57	
35	8.8.8.8	48ms	50	57	

Gbr. 20 Packet Internet Gopher (Ping)

3) Torch

Tahap monitoring selanjutnya menggunakan Torch . Menu Torch berada di **Tools > Torch**. Torch berfungsi untuk melihat *bandwidth* secara realtime berapa pemakaian *bandwidth* setiap komputer (Gbr. 21).

Seq #	Prot.	Src	Dst	VLAN id	Tx Rate	Rx Rate	Tx Pack	Rx Pack
800	(p)	192.168.0.1	89.33.246.164		42.2 Mbps	849.1 k...	3531	1769
800	(p)	192.168.0.1	5.196.86.112		30.3 Mbps	697.6 k...	2537	1416
800	(p)	192.168.0.1	176.31.224.40		16.8 Mbps	389.3 k...	1409	793
800	(p)	192.168.0.9	117.121.253.120		2.3 Mbps	79.6 kbps	195	134
800	(p)	192.168.0.12	88.99.186.150		167.3 k...	4.4 kbps	14	9
800	(p)	192.168.0.1	74.125.68.94		118.1 k...	5.6 kbps	13	7
800	(p)	255.255.255.255	0.0.0.0		88.1 kbps	0bps	13	0
800	(p)	192.168.0.29	52.77.235.133		31.6 kbps	490bps	2	1
800	(p)	192.168.0.1	216.58.212.131		20.7 kbps	7.3 kbps	6	7
800	(p)	192.168.0.3	74.125.68.94		9.5 kbps	5.7 kbps	5	3

Gbr. 21 Torch

I. Tahap Manajemen

1) Manajemen User dan Password Mikrotik

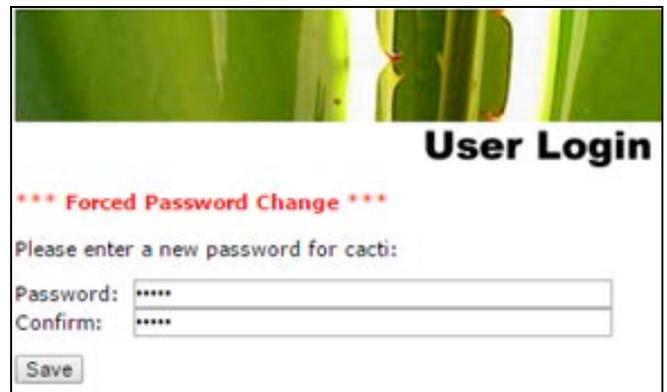
Pada tahap Gbr. 22 merupakan tahap memanajemen user dan password router Mikrotik. Tujuan nya untuk mengatur siapa saja yang dapat mengakses router atau menggunakan router Mikrotik. User default admin dari router Mikrotik di hapus dan di buatkan kembali user baru dengan group full agar dapat melihat dan mengkonfigurasi router Mikrotik (Gbr. 21).

Name	Group	Allowed Address
system default user		
dotnet	full	
m3r0	full	
nyu777	full	
user	read	

Gbr. 22 Manajemen User List

2) Manajemen Password Cacti

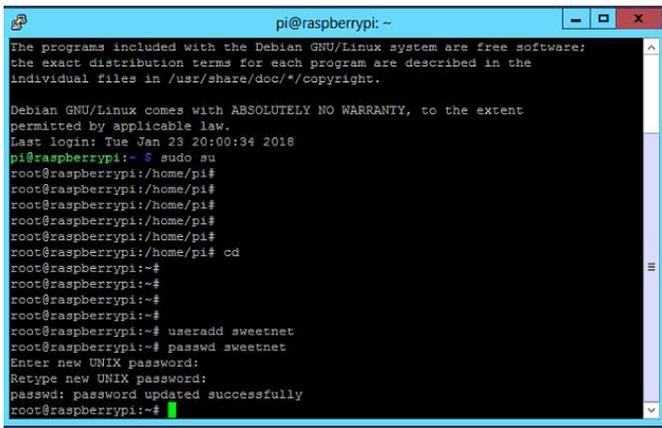
Manajemen password cacti diperlukan untuk memanajemen user yang dapat masuk ke dalam sistem monitoring jaringan. Ada beberapa user yang di buat untuk dapat membaca dan merubah, adapula user yang hanya dapat membaca saja tanpa bisa merubah. Untuk *username* dan *password default* menggunakan **admin**. Selanjutnya *software* Cacti meminta agar merubah *password default* tersebut (Gbr.23).



Gbr. 23 Manajemen Password Cacti

3) Manajemen Password Raspberry Pi

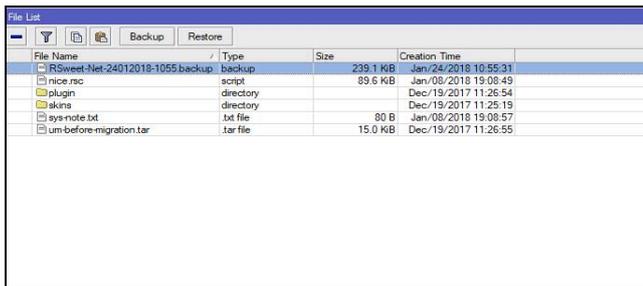
Manajemen password Raspberry Pi termasuk hal terpenting. Perangkat Raspberry Pi terinstall *software* Cacti yang berguna untuk monitoring jaringan. Jika Password Raspberry Pi tidak di rubah akan terjadi pengguna yang tidak berhak untuk menggunakannya dan secara langsung dapat merubah konfigurasi *software* Cacti (Gbr. 24).



Gbr. 24 Manajemen Password Raspberry Pi

4) Manajemen Backup Router Mikrotik

Konfigurasi backup di router Mikrotik hal yang sangat penting. Apabila suatu konfigurasi router Mikrotik atau router Mikrotik bermasalah dapat dengan mudah di restore kembali dari backup yang telah di lakukan. Cara untuk membackup router Mikrotik adalah dengan menggunakan Winbox yaitu Pilih menu **File >> Backup >> Selanjutnya File backup klik copy diatas >> Buka Windows Explorer lalu paste** (Gbr. 25).



Gbr. 25 Manajemen Backup Router Mikrotik

IV. KESIMPULAN

1. Manajemen *bandwidth* Queue Tree menggunakan metode *Peer Connection Queue* (PCQ) telah berhasil memperbaiki kualitas jaringan Warnet SweetNet dengan parameter QoS (throughput, delay, jitter, dan packet loss). Hal ini dibuktikan dengan hasil uji coba yang menunjukkan bahwa jumlah Throughput mengalami peningkatan 0,3% pada uji coba 14 komputer yang aktif bersama.
2. Selain uji troughput hasil uji coba lainnya juga menunjukkan jumlah delay mengalami penurunan 10 millisecond pada uji coba 5 komputer dan 7 komputer yang aktif bersama.
3. Variasi delay yaitu jitter pada jaringan baru memiliki nilai stabil, tidak ada kenaikan yang tinggi. Dari hasil uji coba jumlah jitter paling rendah pada nilai 0,400 millisecond pada 3 komputer yang aktif bersama.
4. Packet loss pada uji coba yang telah dilakukan tidak terjadi adanya perubahan dari jaringan lama dan

jaringan baru. Karena *bandwidth* yang tersedia cukup besar.

5. *Bandwidth* Warnet SweetNet yang pada jaringan lama tidak dapat dilihat namun pada jaringan baru Warnet SweetNet dapat di lihat penggunaan *bandwidth* menggunakan perangkat Raspberry Pi yang telah di install *software* Cacti.

REFERENSI

- [1] Ardiansa, G. E., Primananda, R., & Hanafi, M. H. (2017). Manajemen Bandwidth dan Manajemen Pengguna Pada Jaringan Wireless Mesh Network dengan Mikrotik. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 1226-1235.
- [2] Baskoro, I. T., Darjat, & Sudjadi. (2014). Perancangan Pengontrolan Lampu Dan Kipas Angin Pada Sebuah Ruangan Menggunakan Raspberry Pi Model B dengan Web GUI. *Transient*, 1-5.
- [3] Kamto, & Wijanarko, T. (2015). Pemantauan Traffic Jaringan VPN-MPLS WAN (STUDI KASUS : PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 15-24.
- [4] Mikrotik. (2018, March 20). Manual:Queue. Diambil kembali dari Wiki Mikrotik: <https://wiki.mikrotik.com/wiki/Manual:Queue>
- [5] Pamungkas, C. A. (2016). Manajemen Bandwidth Menggunakan Mikrotik Routerboard di Politeknik Indonusa Surakarta. *Politeknik Indonusa Surakarta*, 17-22.
- [6] Pratama, T., Azhar, M. I., & Yulianti. (2015). Perbandingan Metode PCQ,SFQ,RED, dan FIFO Pada Mikrotik Sebagai Upaya Optimalisasi Layanan Jaringan Pada Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. *Teknik Informatika Universitas Tanjungpura*, 1-6.
- [7] Purwanto, Dr. Kusriani, & Huizen, R. R. (2016). Manajemen Jaringan Internet Sekolah Menggunakan Router Mikrotik dan Proxy Server. *Jurnal Teknologi Informasi*, 1-35.
- [8] Samuel, & Eko, C. S. (2017). Rancang Bagun Mekanisme Load Sharing Pada Link Aggregation Menggunakan Software Defined Networking. *ULTIMA Computing*, 41-47.
- [9] Saputra, D., & Sulistyio, W. (2015). Implementasi Manajemen Bandwidth Menggunakan PCQ-Queue Tree Untuk Optimalisasi Jaringan Internet Di SMK Negeri 1 Bancak. *Teknik Informatika*.
- [10] Towidjojo, R. (2016). *Mikrotik Kungfu* Kitab 3. Palu: Jasakom.