

Perbandingan Manajemen *Bandwidth* Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dan Hirarchical Token Bucket (HTB)

Fatwahadi Ilham Pamungkas^{a,1,*}, Ramdan Satra^{a,2}, Erick Irawadi Alwi^{a,3}

^aProgram Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumoharjo KM.05
Makassar 90231, Indonesia

¹fatwa0090@gmail.com; ²ramdan@umi.ac.id; ³erick.alwi@umi.ac.id;

*corresponding author

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 16 – 06 – 2021
Direvisi : 28 – 07 – 2021
Diterbitkan : 30 – 08 – 2021

Kata Kunci:
Internet,
Manajemen *Bandwidth*,
Metode PCQ,
HTB

ABSTRAK

Kecepatan setiap *user* dalam mengakses satu jaringan tidaklah sama, oleh karena itu perlu dilakukan manajemen *bandwidth* (pengelolaan jaringan). Manajemen *Bandwidth* sangat penting untuk mengendalikan pemakaian *bandwidth* yang akan digunakan oleh *user*, jika tidak di kendalikan, maka akan terjadi pemakaian *bandwidth* tidak merata oleh beberapa *user*. Metode *Per Connection Queue* (PCQ) lebih optimal dan lebih mudah digunakan sesuai dengan kebutuhan yang saya inginkan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas pembagian jaringan dilakukan secara merata dengan menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) dan *Hirarchical Token Bucket* (HTB). Hal ini dikarenakan *bandwidth* akan terbagi secara merata dan sesuai dengan skenario yang diterapkan *bandwidth management* dan tidak menyebabkan *client* saling merebut *bandwidth*. Karena setiap *client* mendapatkan *bandwidth* sebesar 2M.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](#) license



I. Pendahuluan

Pada saat ini internet merupakan sesuatu yang tidak bisa di pisahkan dari kehidupan sehari-hari. Segala informasi yang di perlukan bisa didapatkan melalui internet. Banyak tempat yang bisa dikunjungi untuk sekedar mengakses internet, misalkan sekolah, kafe, kampus, *mall* dan tempat umum lainnya. Namun tidak jarang kita jumpai bahwa kecepatan setiap *user* dalam satu jaringan tidaklah sama, karena itu perlu dilakukan manajemen *bandwidth* (pengelolaan jaringan).

Pada metode perbandingan yang menggunakan HTB dan PCQ untuk mengetahui kecepatan dan membagi jaringan pada setiap *client* saat menggunakan jaringan internet. Agar setiap pengguna jaringan pada *client* dapat merasakan jaringan yang stabil untuk bermain game, *search*, dan bermedia sosial.

Manajemen *Bandwidth* sangat penting untuk mengendalikan pemakaian *bandwidth* yang akan digunakan oleh *user*, jika tidak di kendalikan, maka akan terjadi pemakaian *bandwidth* yang berlebihan oleh satu atau beberapa *user*. Pemakaian yang berlebihan tersebut akan menyebabkan *user* yang lain mendapatkan alokasi *bandwidth* yang kecil atau dalam kata lain akan mengalami *loading* yang lama dalam mengakses *internet* [1]. Pada akhirnya, jaringan tidak dapat memberikan *service* (layanan) secara maksimal kepada seluruh *user*. Keadaan ini akan bertambah parah jika ternyata jaringan memiliki alokasi *bandwidth internet* yang terbatas [2].

Masalah ini berdasarkan penelitian terhadap pengguna jaringan internet adalah terdapat perbedaan kebutuhan terhadap koneksi. Karena setiap kebutuhan mempunyai prioritas masing-masing, tentunya sebagai admin jaringan mempertimbangkan untuk kemudian menentukan skala prioritas.

Penelitian terkait manajemen *bandwidth* telah banyak dilakukan yaitu oleh [3], dengan melakukan perancangan manajemen *bandwidth internet* menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*. Penelitian berikutnya oleh [4], dengan judul Implementasi dan analisa *Peer Connection Queue* (PCQ) sebagai kontrol penggunaan *internet* pada laboratorium komputer [5], dengan judul Manajemen *bandwidth* menggunakan *Hirarchical Token Bucket* (HTB). Penelitian berikutnya oleh [6], dengan judul Analisa manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Peer Connection Queue* (PCQ) dengan autentikasi Radius. Penelitian berikutnya oleh [7], analisis perbandingan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) dan *Hirarchical Token Bucket* (HTB). Serta analisis manajemen traffic menggunakan metode PCQ [8].

Adapun penelitian diatas yang telah dilakukan terdahulu yaitu penelitian dari, [7] analisis perbandingan manajemen *bandwidth* menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) dan *Hirarchical Token Bucket* (HTB) dari penelitian tersebut membahas masalah *sub-stream* yang dimana membagi *bandwidth* dan menghitung kecepatan jaringan *client* pada saat menonton *Youtube*.

Sedangkan, penelitian yang akan kami lakukan yaitu membagi sebuah *bandwidth* secara merata ke *client* dengan menggunakan metode PCQ dan HTB untuk dibandingkan yang mana lebih mudah yang akan digunakan. Semisal *bandwidth* yang diberikan sebesar 2M maka setiap *client* akan mendapatkan *bandwidth* sebesar 2M tidak melewati *bandwidth* yang sudah diberikan. Dengan menggunakan dua metode PCQ dan HTB kami akan bandingkan dan melihat proses mana yang lebih mudah digunakan untuk membagi sebuah jaringan internet secara merata ke setiap *client*.

II. Metode

Dalam proses penyelesaian penelitian ini penulis melakukan kegiatan secara bertahap yang meliputi: Desain topologi jaringan, manajemen *bandwidth* yang meliputi pembangunan topologi jaringan, pengaturan mikrotik, analisa hasil dan kesimpulan terhadap pengumpulan data parameter.

1. Desain Topologi Jaringan

Berikut desain topologi yang digunakan dalam menggunakan metode *Per Connection Queue* (PCQ) seperti Gambar 1.



Gambar 1. Desain Topologi

Dalam perancangan topologi diatas, maka pengujian yang akan dilakukan sesuai dengan skenario topologi diatas untuk membagi *bandwidth* dengan menggunakan metode perbandingan PCQ dan HTB. Disini bisa kita lihat skenario pada Gambar 1 peneliti sebagai admin untuk membagi *bandwidth* yang sudah ditentukan sebanyak 2M secara merata ke setiap lima *client*.

2. Manajemen *Bandwidth*

Setelah desain topologi dilakukan dan perancangan skenario, desain topologi diimplementasikan dengan skema jaringan yang telah ditentukan kemudian akan dilakukan manajemen *bandwidth* dengan cara memisahkan *bandwidth* antara pengguna *browsing* dengan *live streaming*. Jadi ketika pengguna sedang menggunakan layanan *video live streaming* dari *Youtube* dan pada saat yang bersamaan pengguna lain juga melakukan aktifitas *browsing*, maka diharapkan kedua aktifitas tersebut yang dilakukan secara bersamaan tidak saling mengganggu satu sama lain.

Dalam tahap ini rancangan yang dibuat diterapkan pada rumah pribadi yang merupakan sebagai lokasi penelitian dengan IP address 192.168.1.100/24 jenis layanan yang digunakan adalah ISP IM3. Pada tahap ini akan dilakukan beberapa kegiatan seperti:

- Pembagian *bandwidth* ke *client* dengan menggunakan metode PCQ dan HTB.
- Instalasi *Router Mikrotik*.
- Konfigurasi *Per Connection Queue* (PCQ) pada *Mikrotik* untuk manajemen *bandwidth*.
- Konfigurasi *Hirarchical Token Bucket* (HTB) pada *Mikrotik* untuk manajemen *bandwidth*.

3. Pengaturan Mikrotik untuk *bandwidth Management* PCQ

Masuk ke konfigurasi PCQ pada *Queue Types*, untuk mengatur *bandwidth download* pada masing-masing *client* dengan konfigurasi PCQ type name=PCQ-Download untuk download kind = pcq, rate = 0, limit = 50, total limit = 2000 seperti Gambar 2.

The screenshot shows the 'Queue Type <pcq-download>' configuration window. The 'Type Name' is 'pcq-download' and the 'Kind' is 'pcq'. The 'Rate' is set to 0 bits/s, 'Limit' is 50 KiB, and 'Total Limit' is 2000 KiB. The 'Burst Rate' and 'Burst Threshold' are set to 0 bits/s, and the 'Burst Time' is 00:00:10. The 'Classifier' is set to 'Dst. Address'. The 'Src. Address Mask', 'Dst. Address Mask', 'Src. Address6 Mask', and 'Dst. Address6 Mask' are all set to 32.

Gambar 2. Queue Type Download

Selanjutnya masuk ke konfigurasi PCQ pada Queue Types, untuk mengatur bandwidth *upload* pada masing-masing *client* dengan konfigurasi PCQ type name=PCQ-Upload untuk *upload kind* = pcq, *rate* = 0, *limit* = 50, *total limit* = 2000, *classifier* = *src.address* seperti Gambar 3.

The screenshot shows the 'Queue Type <pcq-upload>' configuration window. The 'Type Name' is 'pcq-upload' and the 'Kind' is 'pcq'. The 'Rate' is set to 0 bits/s, 'Limit' is 50 KiB, and 'Total Limit' is 2000 KiB. The 'Burst Rate' and 'Burst Threshold' are set to 0 bits/s, and the 'Burst Time' is 00:00:10. The 'Classifier' is set to 'Src. Address'. The 'Src. Address Mask', 'Dst. Address Mask', 'Src. Address6 Mask', and 'Dst. Address6 Mask' are all set to 128.

Gambar 3. Queue Type Upload

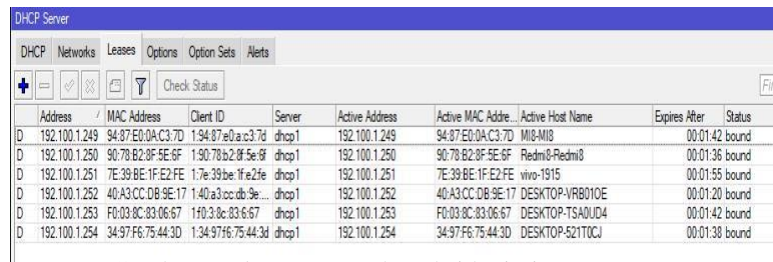
Selanjutnya ke bagian *Simple Queue* dimana disini kita dapat melimit *upload*, *download*, secara terpisah atau total (*upload+download*) sekaligus dalam satu *rule* dan memberikan *bandwidth* yang sama ke setiap *client* seperti Gambar 4.

The screenshot shows the 'Simple Queue <PCQ>' configuration window. The 'Name' is 'PCQ', 'Target' is '192.100.1.0/24', and 'Dst.' is empty. The 'Target Upload' and 'Target Download' are both set to 2M bits/s. The 'Burst Limit' and 'Burst Threshold' are set to 'unlimited' bits/s, and the 'Burst Time' is 0 s. The queue is 'enabled'.

Gambar 4 Simple Queue PCQ (Per Connection Queue)

4. Pengaturan Mikrotik untuk *bandwidth management* HTB

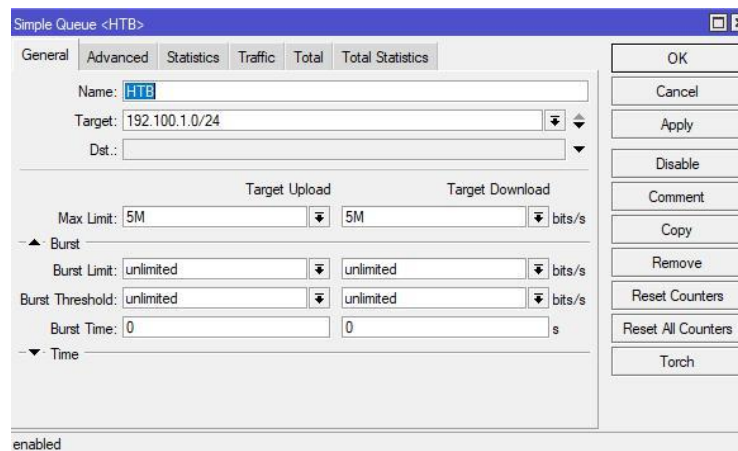
Kita dapat melihat pada gambar 2 client yang terhubung ke jaringan internet memiliki *ip address* yang berbeda. Selanjutnya kita akan membuat *simple queue* pada HTB.



Address	MAC Address	Client ID	Server	Active Address	Active MAC Address	Active Host Name	Expires After	Status
D 192.100.1.249	94:97:E0:0A:C3:7D	1:94:97:e0:a:c3:7d	dhcp1	192.100.1.249	94:97:E0:0A:C3:7D	MIS-MIS	00:01:42	bound
D 192.100.1.250	90:78:B2:8F:5E:6F	1:90:78:b2:8f:5e:6f	dhcp1	192.100.1.250	90:78:B2:8F:5E:6F	Redmi8-Redmi8	00:01:36	bound
D 192.100.1.251	7E:39:BE:1F:E2:FE	1:7e:39:be:1f:e2:fe	dhcp1	192.100.1.251	7E:39:BE:1F:E2:FE	vivo-1915	00:01:55	bound
D 192.100.1.252	40:A3:CC:DB:9E:17	1:40:a3:cc:db:9e:17	dhcp1	192.100.1.252	40:A3:CC:DB:9E:17	DESKTOP-VRB010E	00:01:20	bound
D 192.100.1.253	F0:03:8C:83:06:67	1:f0:03:8c:83:06:67	dhcp1	192.100.1.253	F0:03:8C:83:06:67	DESKTOP-TSA0UD4	00:01:42	bound
D 192.100.1.254	34:97:F6:75:44:3D	1:34:97:f6:75:44:3d	dhcp1	192.100.1.254	34:97:F6:75:44:3D	DESKTOP-521TOCJ	00:01:38	bound

Gambar 5 Client yang terkoneksi ke jaringan internet

Pada Gambar 6 *Simple queue* kita bisa membuat *child* terlebih dahulu seperti pada gambar 2.22 membuat *child* pertama kita tulis kan *ip address* target 192.100.1.0/24 kita beri limit sebesar 5M untuk *upload* dan *download* pada *simple queue* kita tidak perlu memilih *interface* dan juga memilih *parent* pada *child queue* kita *apply* dan ok. Selanjutnya kita mencoba membuat *queue* untuk *parent*.



Simple Queue <HTB>

General | Advanced | Statistics | Traffic | Total | Total Statistics

Name: HTB

Target: 192.100.1.0/24

Dst.: [Empty]

Target Upload: Max Limit: 5M

Target Download: Max Limit: 5M bits/s

Burst: Burst Limit: unlimited bits/s

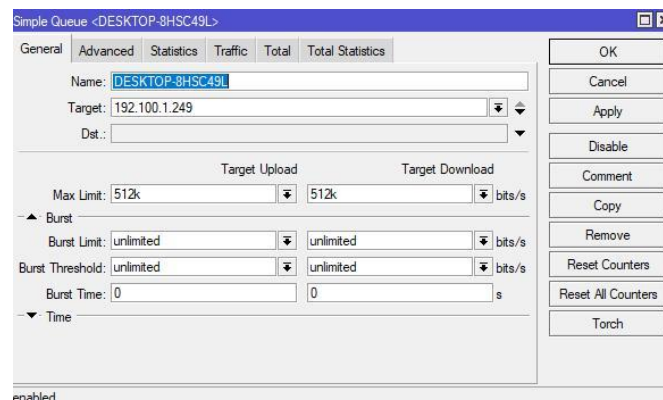
Burst Threshold: unlimited bits/s

Burst Time: 0 s

enabled

Gambar 6. Simple Queue HTB

Pada Gambar 7 kita bisa melihat nama yang diberikan itu sesuai nama *client* yang terkoneksi ke jaringan internet. Kita harus memasukkan *ip address* dari setiap *client* yang terhubung ke jaringan internet. Kita bisa lihat *ip address* *client* yaitu 192.100.1.249 nama *client* DESKTOP-8HSC49L. Selanjutnya cara memasukkan anggota ke dalam HTB seperti pada gambar dibawah ini.



Simple Queue <DESKTOP-8HSC49L>

General | Advanced | Statistics | Traffic | Total | Total Statistics

Name: DESKTOP-8HSC49L

Target: 192.100.1.249

Dst.: [Empty]

Target Upload: Max Limit: 512k

Target Download: Max Limit: 512k bits/s

Burst: Burst Limit: unlimited bits/s

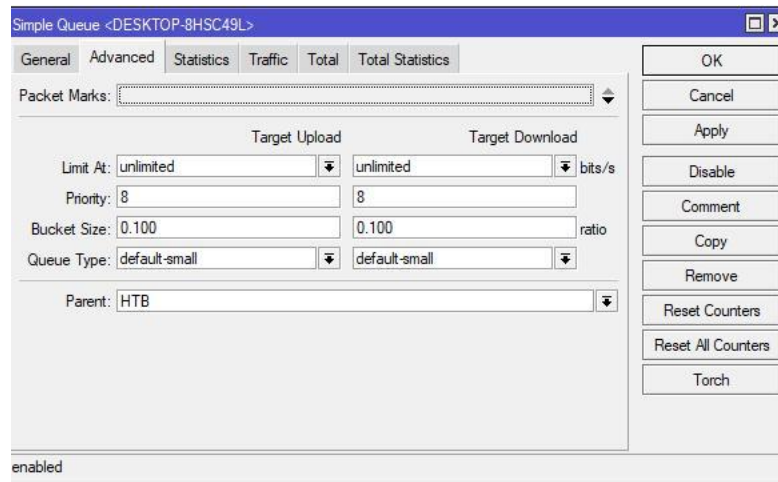
Burst Threshold: unlimited bits/s

Burst Time: 0 s

enabled

Gambar 7 Pembuatan *parent* untuk *client*

Pada *simple queue* *client* kita pilih tab *Advance* kemudian kita pilih *parent* HTB sebagai *parent* dari *queue* ini kita *apply* dan klik ok. Begitupun setiap *client* yang akan masuk ke jaringan internet dengan menggunakan metode HTB seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Memasukkan *Queue Client* ke dalam *Simple Queue* HTB

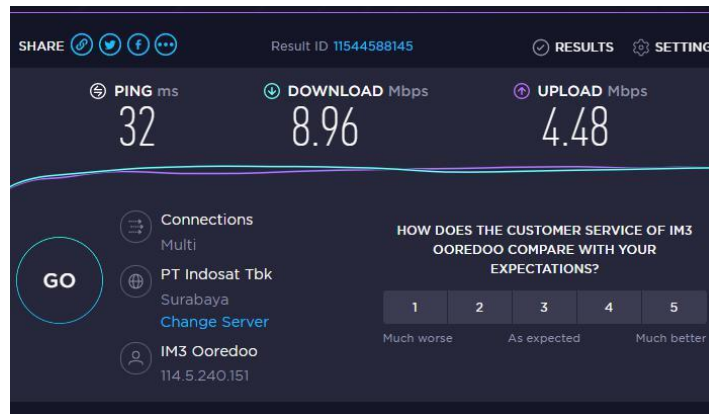
III. Hasil dan Pembahasan

A. Implementasi

Manajemen *bandwidth* pada penelitian diimplementasikan dalam dua pembagian yang terdiri dari:

1. Pembagian *Bandwidth* PCQ

Disini bisa kita lihat pada gambar 9 yang dimana memiliki kecepatan *unlimited* dan disini kami belum menggunakan metode PCQ untuk membagi jaringan secara merata ke client selanjutnya kami akan membagi jaringan secara merata seperti Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9 Kecepatan Jaringan *Unlimited*

Sebuah *client* yang terkoneksi di jaringan yang sudah kami konfigurasi menggunakan *router mikrotik*, selanjutnya kita membuat *bandwidth* seperti Gambar 10 dibawah ini.

ID	Address	MAC Address	Client ID	Server	Active Address	Active MAC Address	Active Host Name	Expires After	Status
D	192.100.1.249	94:87:E0:0A:C3:7D	1-94:87:e0:a3:7d	dhcp1	192.100.1.249	94:87:E0:0A:C3:7D	M8-M8	00:01:42	bound
D	192.100.1.250	90:78:B2:8F:5E:6F	1-90:78:b2:8f:5e:6f	dhcp1	192.100.1.250	90:78:B2:8F:5E:6F	Redmi9-Redmi9	00:01:36	bound
D	192.100.1.251	7E:39:BE:1F:E2:FE	1-7e:39:be:1f:e2:fe	dhcp1	192.100.1.251	7E:39:BE:1F:E2:FE	vivo-1915	00:01:55	bound
D	192.100.1.252	40:A3:CC:DB:9E:17	1-40:a3:cc:db:9e:17	dhcp1	192.100.1.252	40:A3:CC:DB:9E:17	DESKTOP-4VR8610E	00:01:20	bound
D	192.100.1.253	F0:03:8C:83:06:67	1-f0:03:8c:83:06:67	dhcp1	192.100.1.253	F0:03:8C:83:06:67	DESKTOP-TS40UD4	00:01:42	bound
D	192.100.1.254	34:97:F6:75:44:3D	1-34:97:f6:75:44:3d	dhcp1	192.100.1.254	34:97:F6:75:44:3D	DESKTOP-521T0CJ	00:01:38	bound

Gambar 10 *Client* yang terkoneksi ke jaringan

Disini memberikan data sebanyak 2M setiap client yang terhubung, memberikan kapasitas data jaringan sebanyak 2M merata ke setiap client. Selanjutnya kita melihat hasil kecepatan PCQ menggunakan *speed test* setiap *client*.

PCQ	192.100.1.0/24	2M	2M
-----	----------------	----	----

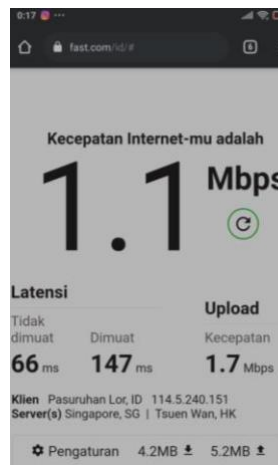
Gambar 11 Data yang diberikan 2M

Pada gambar 12 *client* pertama mendapatkan *download* 1.35Mbps dan *upload* 1.89 Mbp selanjutnya kita ke *client* ke dua.



Gambar 12 *Client* pertama

Pada gambar 13 kita lihat di *client* ke dua dia mendapatkan 1.1 Mbps sedangkan *download* selanjutnya kita ke *client* ke tiga.



Gambar 13 *Client* kedua

Pada gambar 14 *client* ke tiga dia memperoleh sebesar 1.6Mbps, selanjut kita ke empat *client* melihat *bandwidth* yang dia dapatkan.



Gambar 14 *Client* ketiga

Pada client ke empat kita melihat bahwa *bandwidth* yang dia dapatkan sebesar 1.5Mbps. Selanjutnya kita melihat ke client lima.



Gambar 15 Client ke empat

Bisa kita lihat pada Gambar 16 *bandwidth* yang dia dapatkan *download* 1.64 Mbps dan *upload* 0.84Mbps. Hasil yang di dapatkan dengan menggunakan metode PCQ dengan memberikan *bandwidth* merata sebanyak 2M disini setiap client mendapatkan jaringan internet secara merata.



Gambar 16 Client ke enam

2. Pembagian *Bandwidth* HTB

Disini kita bisa lihat pada gambar 17 pada pembagian *bandwidth* yang diprioritaskan terhadap *client lenovo-G410* yang dimana besarann *bandwidth* yang diaterima sebesar 3M sedangkan *client* lainnya sebesar 512k ke semua *client*.

#	Name	Target	Upload Max Limit	Download Max Limit
0	HTB	192.100.1.0/24	5M	5M
1	DESKTOP-8HSC...	192.100.1.249	512k	512k
5	MI8	192.100.1.248	512k	512k
6	Redmi8	192.100.1.250	512k	512k
3	RedmiNot7	192.100.1.246	512k	512k
2	lenovo-G410	192.100.1.247	3M	3M

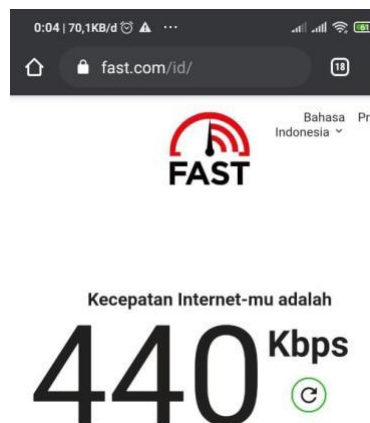
Gambar 17 Pembagian *Bandwidth*

Selanjutnya kita melihat *bandwidth* yang sudah dibagi kesemua *client* untuk menguji pembagian *bandwidth* yang telah dibagi ,seperti pada gambar 18. *Bandwidth* yang diterima *client* Lenovo sebesar *download* 2.77Mbps dan *upload* 2.19Mbps. *Client* lenovo-G410 mendapatkan *bandwidth* sebesar 3M sedangkan sebagian *client* mendapatkan *bandwidth* sebesar 512k. Selanjutnya kita melihat *bandwidth* yang diterima setiap *client*.



Gambar 18 *Bandwidth* yang diterima *client* Lenovo-G410

Pada gambar 19, *client* mendapatkan pembagian *bandwidth* sebesar 512k, setelah kita uji dengan menggunakan *speed test* kita melihat bahwa *client* tidak melewati *bandwidth* yang sudah diberikan sebelumnya.



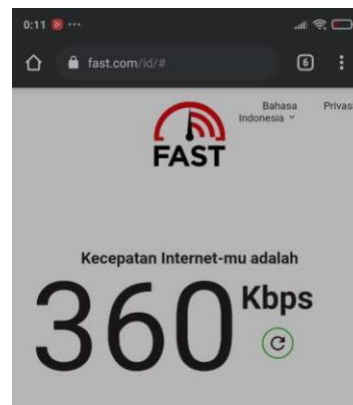
Gambar 19 Client Redminot7

Pada gambar 20, *client* redmi8 mendapatkan *bandwidth* sebesar 470Kbps sesuai *bandwidth* yang di tentukan dari awal sebesar 512k .



Gambar 20 Client Redmi8

Pada gambar 21, *Client* Mi8 mendapatkan *bandwidth* sebesar 360Kbps tidak melewati pembagaian *bandwidth* yang sudah ditentukan sebesar 512k



Gambar 21 *Client* Mi8

Pada gambar 22, *Client* DEKSTOP-8HSC mendapatkan *bandwidth* sebesar 512k, setelah kita uji dengan menggunakan *speed tes* maka *client* mendapatkan *bandwidth* sebanyak *download* 0.45Mbps dan *upload* 0.50Mbps tidak melewati *bandwidth* yang sudah diberikan dari awal sebesar 512k.



Gambar 22 *Client* Dekstop-8HSC

IV. Kesimpulan dan saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan selama perancangan sampai menganalisa dengan menggunakan metode PCQ dan HTB maka dapat disimpulkan bahwa hasil *delay* pada manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode PCQ dan HTB, kami memilih menggunakan metode PCQ karena memberikan *bandwidth* secara merata ke setiap *client*. Disini kita bisa melihat sebelum menggunakan metode PCQ yaitu *delay* = 0.50ms, menggunakan metode PCQ hasil yang kita dapatkan *delay* = 0.28ms, Sedangkan *delay* yang didapatkan dengan menggunakan HTB yaitu *delay* = 0.28 ms. *Jitter* pada manajemen *bandwidth* dengan menggunakan metode PCQ dan HTB lebih baik dari pada tidak menggunakan metode PCQ terlihat pada jumlah rakap yang tanpa menggunakan metode PCQ yaitu *Jitter* = 0.49ms sedangkan sudah menggunakan metode PCQ *Jitter* = 0.28 ms. Merata ke semua *client*. Sedangkan *jitter* yang didapatkan oleh HTB yaitu *Jitter* = 0.27ms. Throughput pada manajemen bandwidth tanpa menggunakan metode PCQ dan HTB lebih kecil sehingga akses jaringan buruk sedangkan pada saat menggunakan metode PCQ agak lebih besar sehingga akses jaringan dapat lebih baik terlihat pada pada jumlah rakap yang tanpa menggunakan metode PCQ yaitu *Troughput* = 5.02735538 bytes/s sedangkan sudah menggunakan metode PCQ *Troughput* = 142.129559bytes/s, sedangkan menggunakan metode HTB *Troughput* yang di dapatkan yaitu *Troughput* = 143.32409 bytes /s. Berdasarkan hasil di atas dapat dilihat bahwa kualitas jaringan dengan menggunakan metode PCQ dibanding dengan metode HTB dapat lebih baik dari pada tanpa menggunakan metode PCQ dan HTB, hal ini dikarenakan *bandwidth* akan terbagi dengan merata sesuai dengan *client* yang ada dan *rule* yang sesuai sehingga tidak menyebabkan *client* saling merebut *bandwidth*.

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu untuk dapat di kembangkan lagi dengan mengkombinasikan berbagai macam metode atau model manajemen *bandwidth* ataupun *routing*, serta bisa menggunakan variabel lain seperti pemakaian jaringan yang membutuhkan lebih banyak dimana

membutuhkan lebih banyak *bandwidth* dan lakukan pengujian dengan jaringan yang stabil agar mempermudah untuk mengkalkulasikan QoS pada sebuah jaringan.

Daftar Pustaka

- [1] Silitonga, Parasian, and I. S. Morina, "Analisis QoS (Quality of Service) Jaringan Kampus dengan Menggunakan Microtic Routerboard (Studi Kasus: Fakultas Ilmu Komputer Unika Santo Thomas S.U)," *J. Times*, vol. 3, no. 2, pp. 19–24, 2014.
- [2] Hafiz and Aliy, "MANAJEMEN BANDWIDTH DENGAN MIKROTIK MENGGUNAKAN METODE QUEUE TREE PADA KANTOR PEKON SIDOHARJO KECAMATAN PRINGSEWU," *J. Inform. Softw. dan Netw.*, vol. 1, no. 1, 2020.
- [3] R. M, "Perancangan Manajemen Bandwidth Internet Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 7, no. 1, pp. 1–15, 2013.
- [4] Mirsantoso, T. U. Kalsum, and R. Supardi, "Implementasi dan Analisa Per Connection Queue (PCQ) Sebagai Kontrol Penggunaan Internet Pada Laboratorium Komputer," *J. Media Infotama*, vol. 11, no. 2, pp. 139–148, 2015.
- [5] Lisnawita, "Manajemen Bandwidth Menggunakan Metode Hierarchical Token Bucket (HTB)," *J. Teknol. Komun. Digit. Zo.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–25, 2016.
- [6] Syukur A, "Analisis Management Bandwidth Menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ) dengan Authentikasi RADIUS," *It J. Res. Dev.*, vol. 2, no. 2, pp. 78–89, 2018.
- [7] C. Iswayudi and Hamzah, "ANALISIS PERBANDINGAN MANAJEMEN BANDWIDTH MENGGUNAKAN METODE PCQ (PER CONNECTION QUEUE) DAN HTB (HIERARCHICAL TOKEN BUCKET)," *J. Jarkom*, vol. 7, no. 2, pp. 86-94., 2019.
- [8] W. Iriansyah, R. Satra, and E. Irawadi, "Analisis Manajemen Traffic untuk Optimasi Layanan Video Live Streaming pada Youtube menggunakan Metode Per Connection Queue (PCQ)," *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 1, no. 4, pp. 224–229, 2020.