

Analisa QoS (*Quality Of Services*) Load Balancing Menggunakan Metode PCC (*Per Connection Classifier*) Dengan *Shared Bandwidth*

¹Sigit Sumardi (1510651067), ²Taufiq Timur W,S.Kom,M.Kom

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Jember

E-mail : 1Sigitsumardi@gmail.com

Abstrak – Dengan beragamnya kebutuhan akses internet membuat perlu adanya akses internet yang dapat bertahan dalam keadaan apapun. Ditambah lagi saat menggunakan *bandwidth* dengan tipe *shared* maka kecepatan akses akan semakin lambat. Dengan teknik *Load Balancing* dapat mendistribusikan beban trafik secara seimbang. Dengan router mikrotik sebagai *load balancer* dan PCC (*Per Connection Classifier*) sebagai metode penyeimbang. Dalam penelitian ini menggunakan QoS (*Quality of Services*) sebagai parameter pengukuran. Dengan skema topologi yang telah ditentukan, maka dilakukan pengujian dengan mengcapture trafik didalam *wireshark* untuk mencari nilai *delay*, *jitter*, *throughput*, dan *packet loss*. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban berupa aktivitas *download* dan *streaming youtube*. Dari pengujian yang dilakukan sebanyak 120 kali dengan durasi 3 menit untuk 1 kali pengujian menghasilkan skema topologi *bandwidth* 4:1 dan skema client 2:3 adalah skema topologi yang optimal dengan nilai *delay* 1725.219065 ms, nilai *jitter* -0.000000268 ms, nilai *throughput* 3.98 kbps, dan nilai *packet loss* 2%.

Kata kunci – *bandwidth*, *load balancing*, PCC, *wireshark*, *Quality of Services*

I. PENDAHULUAN

Jaringan Internet merupakan suatu kebutuhan yang sangat diperlukan bagi setiap negara maju dan berkembang. Kebutuhan akan akses internet ini sangat beragam. Dengan banyaknya kebutuhan yang sangat beragam ini membuat perlu tersedianya akses internet yang selalu stabil dalam kondisi apapun. Tuntutan ini dapat diatasi dengan menggunakan *dedicated bandwidth*. Akan tetapi harga dari *bandwidth* ini tergolong mahal. Maka dari itu pilihan selanjutnya adalah dengan menggunakan *shared bandwidth*. *Bandwidth* yang didistribusikan akan digunakan oleh beberapa pengguna yang lain sehingga koneksi akan terasa lancar jika pengguna yang lain beraktivitas dengan kebutuhan *bandwidth* yang ringan atau sedikit. Oleh karena itu dibutuhkan pendistribusian beban trafik agar pembagian *bandwidth* pada setiap *user* dapat terbagi secara seimbang.

Load balancing pada mikrotik adalah teknik untuk mendistribusikan beban trafik pada dua atau lebih jalur koneksi secara seimbang, agar *traffic* dapat berjalan optimal memaksimalkan *throughput*, memperkecil waktu tanggap dan menghindari *overload* pada salah satu jalur koneksi.

Didalam teknik *load balancing* sendiri terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan beban *traffic*, salah satunya adalah metode PCC (*Per Connection Classifier*). Guna mendapatkan hasil kinerja sistem jaringan yang optimal, harus memperhatikan kesesuaian teknik *load balancing* dengan infrastruktur dari jaringan komputer itu sendiri. Dalam penelitian ini dilakukan analisa teknik *load balancing* dengan menggunakan metode PCC (*Per Connection Classifier*) dan parameter QoS (*Quality of Services*) sebagai parameter pengukuran. QoS yang digunakan sebagai parameter pengukuran antara lain *Throughput*, *Jitter*, *Packet Loss*, *Delay*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pola sistem jaringan komputer yang lebih optimal menggunakan parameter QoS antara lain *throughput*, *packet loss*, *jitter*, dan *delay*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Load Balancing*

Load balancing merupakan salah satu mekanisme untuk membagi beban komputasi ke beberapa server. *Load balancing* bertujuan untuk mengoptimalkan sumber daya, memaksimalkan *throughput*, meminimalkan waktu respon, dan menghindari pembebanan berlebihan di satu sumber daya. Menggunakan beberapa sumber daya komputasi juga dapat mengurangi kemungkinan tidak berfungsinya suatu layanan karena setiap sumber daya dapat saling menggantikan (*redundant*). (Setyawan, 2014).

B. PCC (*Per Connection Classifier*)

PCC (*Per Connection Classifier*) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan pada *load balancing*, dengan PCC dapat digunakan untuk mengelompokkan trafik koneksi yang melalui router menjadi beberapa kelompok, sehingga router akan mengetahui jalur gateway yang dilewati diawal trafik koneksi dan pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya akan dilewatkan pada jalur gateway yang sama juga. (Towidjojo, 2013).

Metode ini memiliki kemampuan melakukan *per connection load balancing* dengan kelebihan mampu melakukan *per-address* pada *load balancing*. PCC mengelompokkan trafik koneksi yang keluar-masuk router menjadi beberapa kelompok,

yang dapat dibedakan berdasarkan alamat IP pengirim (source address), alamat IP penerima (destination address), port pengirim (source port), dan port penerima (destination port). Kelebihan PCC adalah router mampu mengingat jalur gateway yang telah dilewati di awal trafik koneksi, sehingga paket-paket data selanjutnya (yang masih berkaitan) akan dilewatkan pada jalur gateway yang sama dengan paket data sebelumnya yang

sudah dikirim. Sedangkan kekurangannya adalah beresiko terjadi overload pada salah satu gateway yang disebabkan oleh pengaksesan situs yang sama oleh pengguna (Towidjojo, Kungfu Mikrotik Kitab 4, 2016).

C. Round Robin

Algoritma Round Robin merupakan algoritma yang paling sederhana dan paling banyak digunakan oleh perangkat load balancing. Algoritma ini bekerja dengan cara membagi beban secara bergiliran dan berurutan dari satu server ke server lainnya. Konsep dasar dari algoritma Round Robin ini adalah dengan menggunakan time sharing, pada intinya algoritma ini memproses antrian secara bergiliran (Ellrod, 2010).

D. QoS

QoS adalah kemampuan suatu jaringan untuk menyediakan layanan yang baik dengan menyediakan kapasitas jaringan, mengatasi jitter dan delay (waktu tunda) (Iversen, 2010). QoS merupakan suatu tantangan yang besar dalam jaringan berbasis IP dan internet secara keseluruhan (Yuksel dkk, 2007). Parameter QoS adalah latency, jitter, packet loss, throughput, MOS, echo cancellation dan PDD. QoS sangat ditentukan oleh kualitas jaringan yang digunakan. Terdapat beberapa faktor yang dapat menurunkan nilai QoS, seperti : redaman, distorsi, dan noise (Fatoni 2011). QoS bertujuan untuk menyediakan kualitas layanan yang berbeda-beda untuk beragam kebutuhan akan layanan di dalam jaringan IP, sebagai contoh untuk menyediakan bandwidth yang khusus, menurunkan hilangnya paket-paket, menurunkan waktu tunda dan variasi waktu tunda di dalam proses transmisinya. QoS menawarkan kemampuan untuk mendefinisikan atribut-atribut layanan yang disediakan, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Parameter *Quality of Services* terdiri dari:

1. Throughput

Throughput merupakan rate (kecepatan) transfer data efektif, yang diukur dalam bit per second (bps). Throughput merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada destination selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut (Tommy Pratama, 2015).

Persamaan perhitungan *Throughput* :

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data diterima}}{\text{Lama Pengamatan}}$$

2. Packet Loss

Packet Loss didefinisikan sebagai kegagalan transmisi paket mencapai tujuannya. Paket hilang dapat disebabkan oleh pembuangan paket di jaringan (network loss) atau pembuangan paket di gateway / terminal sampai kedatangan terakhir (late loss). Network loss secara normal disebabkan kemacetan (router buffer overflow), perubahan rute secara seketika, kegagalan link, dan lossy link seperti saluran nirkabel. Kemacetan atau kongesti pada jaringan merupakan penyebab utama dari paket hilang.

Persamaan perhitungan *Packet Loss* :

$$\text{Packet loss} = \frac{(\text{Paket data dikirim} - \text{Paket data diterima}) \times 100\%}{\text{Paket data dikirim}}$$

3. Jitter

Jitter diakibatkan oleh variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data, dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhir perjalanan jitter. Jitter lazimnya disebut variasi delay, berhubungan erat dengan latency, yang menunjukkan banyaknya variasi delay pada transmisi data di jaringan.

$$\text{Jitter} = \frac{\text{Total variasi delay}}{(\text{Total paket yang diterima} - 1)}$$

Persamaan perhitungan *Jitter* :

4. Delay

Delay (Latency) merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama.

Persamaan perhitungan *Delay (Latency)* :

$$\text{Delay} = \frac{\text{Waktu pengiriman}}{\text{Total paket yang diterima}}$$

E. Bandwidth

Bandwidth adalah lebar pita dalam transmisi data. Bandwidth dalam pengertian umum adalah ukuran kecepatan mengirimkan data dari satu host ke host yang lain dalam jaringan komputer. Bandwidth juga didefinisikan sebagai daya tampung sebuah media transmisi agar dapat dilalui oleh paket data dalam jumlah tertentu pada satu ukuran waktu. Satuan dasar bandwidth dinyatakan dalam bit per second (bps).

Berkaitan dengan perkembangan internet, bandwidth merupakan salah satu hal yang sangat penting keberadaannya. Ukuran bandwidth sangat menentukan suatu aplikasi atau layanan internet dapat berjalan dengan baik dari sebuah server ke client.

F. Mikrotik Router

Mikrotik routerOS sebuah sistem operasi dan perangkat lunak yang dapat digunakan untuk menjadikan komputer biasa menjadi router network yang handal, mencakup berbagai fitur yang dibuat untuk IP network dan jaringan wireless. Fitur-fitur tersebut diantaranya : Firewall & Nat, Routing, Hotspot, Point to Point Tunneling Protocol, DNS server, DHCP server, Hotspot, dan masih banyak lagi fitur lainnya. MikroTik RouterOS, merupakan sistem operasi Linux base yang diperuntukkan sebagai network router. Didesain untuk memberikan kemudahan bagi penggunanya. Administrasinya bisa dilakukan melalui Windows Application (Winbox). Selain itu instalasi dapat dilakukan pada standar komputer PC (Personal Computer). PC yang akan dijadikan router mikrotik pun tidak memerlukan resource yang cukup besar untuk penggunaan standar, misalnya hanya sebagai gateway. Untuk keperluan beban yang besar (network yang kompleks, routing yang rumit) disarankan untuk mempertimbangkan pemilihan resource PC yang memadai. (Fiki Justisia Bhayangkara, 2014).

G. Wireshark

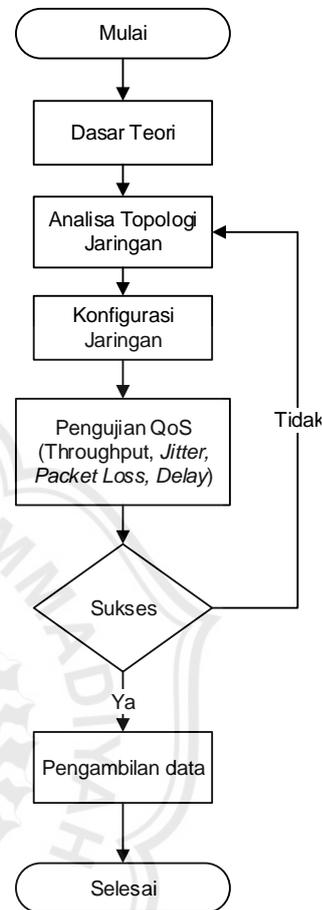
Wireshark merupakan Network Protocol Analyzer, juga termasuk salah satu network analysis tool atau packet sniffer. Wireshark memungkinkan pengguna mengamati data dari jaringan yang sedang beroperasi atau dari data yang ada di disk, dan langsung melihat dan mensortir data yang tertangkap, mulai dari informasi singkat dan detail bagi masing-masing paket termasuk full header dan porsi data, dapat diperoleh. Wireshark memiliki beberapa fitur termasuk display filter language yang banyak dan kemampuan me-reka ulang sebuah aliran pada sesi TCP. Paket sniffer sendiri diartikan sebuah tools yang berkemampuan menahan dan melakukan pencatatan terhadap traffic data dalam jaringan. Selama terjadi aliran data dalam jaringan, packet sniffer dapat menangkap *Protocol Data Unit* (PDU), melakukan decoding serta analisis terhadap isi paket. Wireshark sebagai salah satu packet sniffer yang diprogram demikian agar mengenali berbagai macam protokol jaringan. Wireshark juga mampu menampilkan hasil enkapsulasi dan field yang ada di dalam PDU.

III. METODOLOGI

A. Kerangka Penelitian

Dalam penelitian ini akan dilakukan pengukuran QoS dengan beberapa parameter antara lain yaitu throughput, jitter, delay dan packet loss untuk menganalisa teknik load balancing menggunakan metode PCC (Per Connection Classifier).

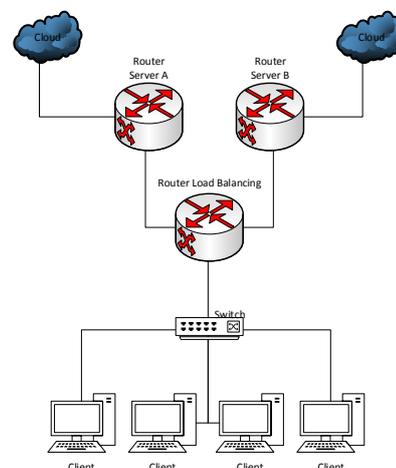
Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu studi literatur, analisa topologi jaringan, konfigurasi jaringan, pengujian QoS, analisis traffic, kesimpulan dan saran. Diagram alir metodologi penelitian yang berisi tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian di tunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok metodologi penelitian

B. Metode

1. Perancangan Arsitektur Jaringan



Gambar 2 Pemodelan Sistem

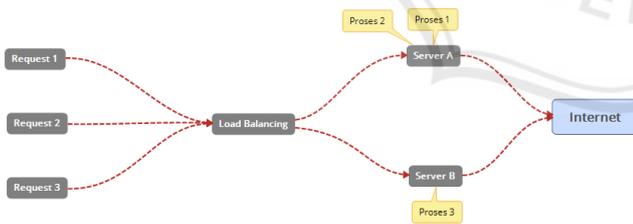
Dari gambar diatas dapat dilihat terdapat switch di sebelah router sever A dan router sever B karena shared bandwidth adalah bandwidth yang tidak tetap maka terdapat switch untuk membuat beban penggunaan.

Pada implementasi teknik load balancing dengan metode PCC (Per Connection Classifier) terdapat beberapa komponen penyusun seperti komponen hardware dan software antara lain:

1. Komponen Hardware
 - 2 Mikrotik RB750 sebagai router server
 - 1 Mikrotik RB750 seagai load balancing PCC (Per Connection Classifier)
 - 1 buah switch
 - 5 PC sebagai client
2. Komponen Software
 - Sistem operasi berbasis windows 10
 - Switch Hub D-Link Des-1008C 8 Port
 - Mikrotik RouterOS versi 6.18 mipsbe dengan lisensi Mikrotik level 4
 - Wireshark sebagai Network Protocol Analyzer
2. Implementasi dan Skenario Teknik *Load Balancing* dengan Metode PCC (*Per Connection Classifier*).

a. Router Server *Load Balancing*

Dalam Tugas Akhir ini server load balancing berfungsi untuk mengatur kinerja lebih dari 1 jalur sehingga bandwidth dapat didistribusikan ke setiap client secara seimbang. Berikut adalah alur proses pada teknik PCC *load balancing*:



Gambar 3 Alur proses PCC *load balancing*.

Dari gambar diatas dapat dilihat saat ada 3 paket yang masuk dan di kelompokkan berdasarkan alamat IP pengirim (source address) dan alamat IP penerima (destination address). Dari penjelasan sebelumnya dijelaskan jika terdapat paket yang masuk dan masih berkaitan maka akan dilewatkan dengan gateway yang sama. Pada gambar diatas terdapat 2 paket data yang melalui gateway yang sama dikarenakan paket kedua masih berkaitan dengan paket pertama maka paket kedua dilewatkan pada jalur gateway yang sama dengan paket

pertama. Dalam penelitian ini menggunakan algoritma *Round Robin*.

b. Skenario *Load Balancing*

Dalam penelitian ini menggunakan jalur internet Biznet dengan bandwidth up to sebesar 4Mbps. Dimana dalam pengujiannya bandwidth tersebut dibagi dengan server awal sebanyak 2 buah server. Kemudian dalam pengujian lanjutan jumlah server akan ditambah hingga menambah pola topologi jaringan baru. Dari banyak pola yang telah didapat akan dicari pola topologi paling terbaik dengan menganalisa nilai traffic yang masuk dari server ke PC client. Setiap client akan melakukan kegiatan upload, download, dan browsing. Proses analisa traffic ini menggunakan software Network Protocol Analyzer yaitu Wireshark. Wireshark digunakan untuk mengcapture trafik yang masuk dari server ke PC client. Setelah proses capture selesai, hasil dari proses capture dianalisis untuk mendapatkan nilai throughput, jitter, packet loss, dan delay.

Berikut adalah tabel skema bandwidth yang akan diuji:

SKEMA BANDWIDTH	Rasio
	Bandwidth
2048 + 2048	1:1
1024 + 1024 + 2048	2:1
512 + 512 + 512 + 512 + 2048	4:1

Tabel 1 Skema Bandwidth

Berikut adalah tabel skema client yang akan diuji:

SKEMA CLIENT	Rasio
	Client
1PC Download dan 2PC Streaming	1:2
1PC Download dan 3PC Streaming	1:3
1PC Download dan 4PC Streaming	1:4
2PC Download dan 3PC Streaming	2:3

Tabel 2 Skema Client

c. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan aktifitas download dari komputer client dengan parameter QoS yaitu througput, jitter, packet loss, dan delay. Pengujian menggunakan aplikasi Wireshark yang terpasang di komputer client. Pada saat proses transfer dimulai, maka secara otomatis software Wireshark ini memonitoring semua aktifitas yang ada pada trafik jaringan.

Setelah proses transfer selesai, maka data dari Wireshark ini akan diproses lebih lanjut untuk di analisis dan dapat diketahui hasilnya.

d. Analisa hasil pengujian

Analisa hasil pengujian dilakukan dengan cara merata-rata seluruh nilai QoS antara lain *Delay*, *Throughput*, *Jitter*, dan *Packet Loss* kemudian dilakukan perangkingan untuk mendapatkan topologi paling optimal.

IV. HASIL

Bandwidth	Delay	Jitter	Throughput	Packet Loss
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:2	4058.105497	0.000000579	1.62	7%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:3	4022.400365	0.000006390	1.57	11%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:4	4525.247183	-0.000000724	1.37	17%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 2:3	4227.706657	-0.000000804	1.47	16%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:2	4161.942248	-0.000000278	1.61	3%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:3	3605.068046	-0.000000185	2.00	14%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:4	1785.530094	0.000000084	3.72	8%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 2:3	2658.907758	-0.000000227	2.70	17%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:2	2293.633171	-0.000000324	3.29	1%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:3	2008.480103	-0.000000268	3.46	1%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:4	2391.754006	-0.000000374	2.87	4%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 2:3	1725.219065	-0.000000268	3.98	2%

Gambar 4 Hasil rata-rata pengujian

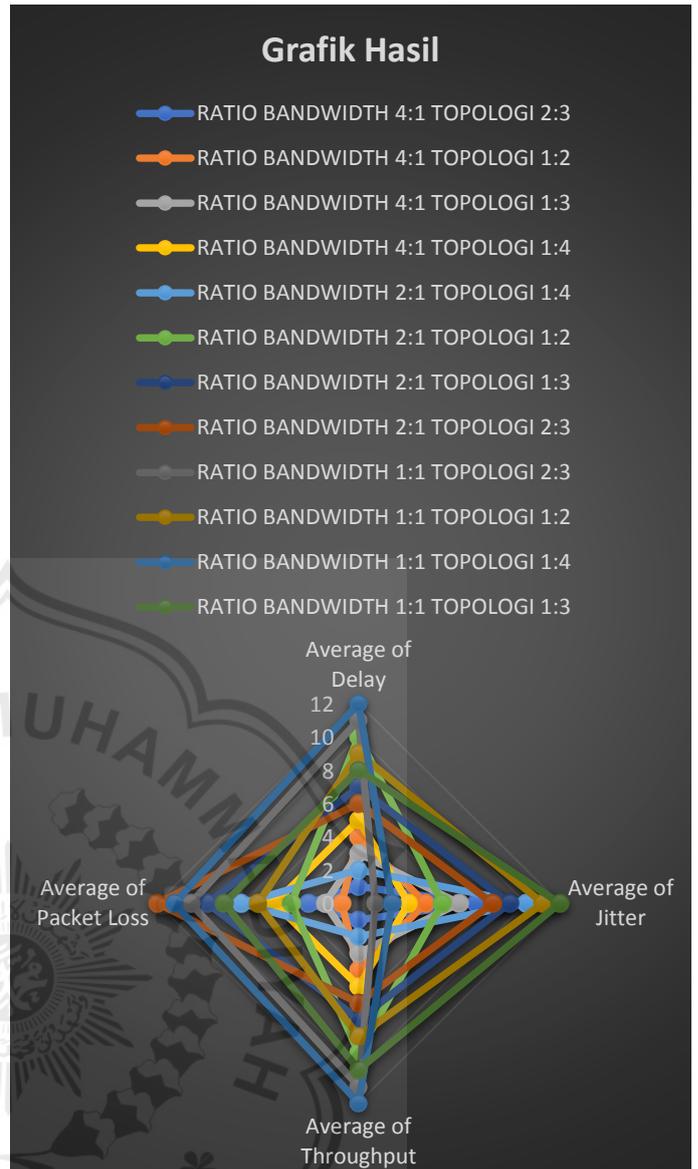
Gambar diatas merupakan kumpulan data pengujian yang telah dirata-rata. Selanjutnya untuk mempermudah analisa hasil skema yang paling optimal maka dilakukan perangkingan dengan ketentuan untuk nilai delay, jitter dan packet loss dirangking dengan angka paling rendah sebagai nilai terbaik, untuk nilai throughput dirangking dengan angka paling tinggi sebagai nilai terbaik. Hasil perangkingan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Row Labels	Average of Delay	Average of Jitter	Average of Throughput	Average of Packet Loss	Average Rank
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 2:3	1	7	1	3	3
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:2	4	4	4	1	3.25
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:3	3	6	3	2	3.5
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:4	5	3	5	5	4.5
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:4	2	10	2	7	5.25
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:2	10	5	9	4	7
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:3	7	9	7	9	8
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 2:3	6	8	6	12	8
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 2:3	11	1	11	10	8.25
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:2	9	11	8	6	8.5
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:4	12	2	12	11	9.25
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:3	8	12	10	8	9.5

Gambar 5 Hasil Rangking Pengujian

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa skema topologi yang mendapat peringkat paling optimal adalah skema dengan ratio bandwidth 4:1 dan topologi client 2:3 dengan nilai delay 1725.219065 ms, nilai jitter -0.000000268 ms, nilai throughput 3.98 kbps, dan nilai packet loss 2%.

Dari gambar 6 grafik dibawah dapat dilihat bahwa setiap titik skema ratio yang mendekati nilai radar 0 maka menunjukkan skema yang paling optimal. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 6 Grafik Hasil Pengujian

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan skema topologi yang telah ditentukan, traffic dapat berjalan dan bandwidth dapat di distribusikan ke setiap client.

Hasil dari pengujian beberapa skema topologi dapat diambil kesimpulan bahwa untuk skema paling optimal jika ditinjau dari parameter QoS adalah skema topologi bandwidth 4:1 dengan client 2:3 dan mendapatkan peringkat tertinggi dengan nilai delay 1725.219065 ms, nilai jitter -0.000000268 ms, nilai throughput 3.98 kbps, dan nilai packet loss 2%.

Skema topologi Bandwidth 4:1 Topologi 2:3 memiliki keunggulan dalam parameter delay dan Throughput serta memiliki kelemahan dalam parameter jitter.

Pengaruh topologi bandwidth pada penelitian ini terdapat pada hasil skema paling optimal yaitu skema bandwidth 4:1 kemudian 2:1 dan terakhir 1:1.

Pengaruh topologi client pada penelitian ini kurang begitu terasa dimana terdapat perubahan dari hasil setiap skema.

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode load balancing yang lain seperti ECMP, HTB, NTH, dll.

Untuk hasil yang lebih bervariasi dapat menggunakan parameter QoS yang lain untuk mengetahui kualitas media streaming seperti MOS, Echo Cancellation, Post Dial Delay.

VI. REFERENSI

Abbas Karimi, D. (2009). A New Fuzzy Approach for Dynamic Load Balancing Algorithm. International Journal of Computer Science and Information Security Volume 6.

Bryan Yonathan, Y. B. (2011). ANALISIS KUALITAS LAYANAN (QOS) AUDIO-VIDEO LAYANAN KELAS VIRTUAL DI JARINGAN DIGITAL LEARNING PEDESAAN. e-Indonesia Initiative.

Fiki Justisia Bhayangkara, I. R. (2014). IMPLEMENTASI PROXY SERVER DAN LOAD BALANCING MENGGUNAKAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER (PCC) BERBASIS MIKROTIK. Jurnal Sarjana Teknik Informatika Volume 2.

Muhammad Dedy Haryanto, I. R. (2014). ANALISIS DAN OPTIMALISASI JARINGAN MENGGUNAKAN TEKNIK LOAD BALANCING. Jurnal Sarjana Teknik Informatika Volume 2.

Setyawan, R. A. (2014). Analisis Implementasi Load Balancing dengan metode Source Hash Scheduling pada Protocol SSL. Jurnal EECCIS Vol. 8.

Tommy Pratama, M. I. (2015). PERBANDINGAN METODE PCQ, SFQ, RED DAN FIFO PADA MIKROTIK SEBAGAI UPAYA OPTIMALISASI LAYANAN JARINGAN PADA FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TANJUNGPURA. Jurnal Teknik Informatika Universitas Tanjungpura.

Towidjojo, R. (2013). Konsep dan Implementasi Routing dengan Router MikroTik – 200% Connected. Jasakom.

Towidjojo, R. (2016). Kungfu Mikrotik Kitab 4. Palu: Jasakom.

Yoanes, d. (2006). Metoda Real Time Flow Measurement (RTFM) untuk Monitoring QoS di Jaringan NGN.