

# Analisa *Quality of Service* Pada Teknik *Load Balancing* Menggunakan Metode PCC Dengan *Dedicated Bandwidth*

<sup>1</sup>Aditya Fahmi Aprianto(1510652009), <sup>2</sup>Taufiq Timur W,S.Kom,M.Kom

Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Jember

E-mail : [adityafahmiaprianto@gmail.com](mailto:adityafahmiaprianto@gmail.com)

**Abstrak** – Pada era modern kemajuan teknologi informasi dan komunikasi sangatlah pesat sehingga kebutuhan manusia dalam kebutuhan layanan internet bertumbuh juga secara cepat. Dengan meningkatnya kebutuhan tersebut memunculkan kebutuhan internet yang lebih cepat dan stabil, tetapi meskipun telah memakai koneksi menggunakan *dedicated bandwidth* tetap saja faktor kongesti tetap saja terjadi disebabkan oleh tingginya *traffic* dan *request* yang ditangani oleh system jaringan komputer. Sehingga masalah tersebut dapat diselesaikan dengan menerapkan teknik *load balancing*. Sehingga timbul solusi untuk menjadikan mikrotik sebagai *load balancer*. Sistem mekanismenya yaitu mikrotik akan menandai paket yang akan mengakses internet, lalu akan memilih jalur input *bandwidth* mana yang akan dilewati dan akan menyetarakan beban pada *bandwidth* tersebut. Berdasarkan analisa saat *bandwidth* yang ada tidak menggunakan *load balancing* maka akan terjadinya *over load* pada salah satu *bandwidth*. Penerapan *load balancing* PCC menggunakan topologi dan skema yang telah dirancang memberikan *bandwidth* yang lebih optimal dan dapat membuat *traffic* pada jaringan menjadi sama rata. Dengan melakukan analisis pada hasil QoS yang telah diterapkan pada topologi dan skema yang telah di desain dan dirancang yang dilakukan setiap pengujian berdurasi 3 menit dan dilakukan setiap topologi dan skema sebanyak 10 pengujian, maka menghasilkan skema *bandwidth* 1:4 dan *client* 2:3 dari 15 skema dan topologi yang telah di desain sebagai topologi dan skema yang optimal.

**Kata kunci** – *load balancing*, PCC, Mikrotik, *Quality of Services*

## I. PENDAHULUAN

Pada era modern ini kemajuan teknologi informasi sangatlah pesat. Dan menyebabkan kebutuhan akan akses internet yang sangat beragam. Dengan banyaknya kebutuhan yang sangat beragam ini membuat perlu tersedianya akses internet yang selalu stabil dalam kondisi apapun. Namun tidak selamanya konektifitas berjalan secara lancar dan stabil. Dimana saat menggunakan *dedicated bandwidth*, *request* akses yang semakin beragam akan membuat kecepatan semakin lambat dan tidak stabil. Oleh karena itu dibutuhkan pendistribusian beban trafik agar pembagian *bandwidth* pada setiap *user* dapat terbagi secara seimbang.

*Load balancing* pada mikrotik adalah teknik untuk mengalokasikan sumber daya internet untuk dapat

digunakan secara bersamaan pada beberapa jalur koneksi, 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 dapat menganalisa dan mendapatkan pola sistem jaringan komputer yang lebih optimal dari beberapa topologi jaringan yang telah didesain menggunakan parameter QoS antara lain *throughput*, *packet loss*, *jitter*, dan *delay*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. *Bandwidth*

*Bandwidth* merupakan daya tampung atau kapasitas dari sebuah *ethernet* atau *wireless* agar dapat dilewati oleh paket yang dilalui. *Management bandwidth* merupakan sebuah cara dalam penerapan dan optimalisasi pada sebuah jaringan dengan menerapkan layanan QoS (*Quality Of Service*). (Rifai, 2017).

*Bandwidth* sendiri secara umum dapat terbagi dua, yaitu:

#### 1. *Dedicated Bandwidth*

Jenis *bandwidth* yang mempunyai rasio perbandingan 1:1 sehingga *download rate* dan *upload rate* yang didapat dapat berbanding dengan rasio.

#### 2. *Shared Bandwidth*

Jenis *bandwidth shared* adalah jenis *bandwidth* yang mempunyai rasio perbandingan 1:6, 1:8, 1:10 sehingga

sebenarnya *download rate* dan *upload rate* yang didapat di bagi oleh rasio tersebut.

B. *Load Balancing*

*Load balancing* adalah teknik yang digunakan untuk mendistribusikan secara merata antara dua atau banyak *network link*. Dengan mendistribusikan secara merata maka *traffic* dapat dioptimalkan. Maka *throughput* akan semakin baik , memperkecil waktu tanggap sehingga dapat menghindari overload pada jalur koneksi.(Firdaus, 2017).

*Load balance* bertujuan agar tidak terjadi overload dikarenakan mendapatkan beban yang lebih besar dari *gateway* lainnya. Dengan membagi beban ke dalam *gateway* tersebut, maka akan tercapainya keseimbangan. Menggunakan *load balancing* maka *bandwidth* tidak menambah besar *bandwidth* yang diperoleh melainkan hanya untuk membagi *traffic* dari *bandwidth* tersebut sehingga terpakai secara seimbang.

C. *PCC (Per Connection Classifier)*

*PCC (Per Connection Classifier)* merupakan metode untuk menspesifikasikan paket menuju *gateway* koneksi tertentu. *Load balancing* metode *PCC* mengelompokkan trafik koneksi yang melalui atau keluar masuk router menjadi beberapa kelompok.(Bhayangkara and Riadi, 2014)

Pengelompokkan dibedakan berdasarkan *src-address*, *dst-address*, *src-port*, *dst-port*. *Load balancing* menggunakan metode *PCC* akan mengambil sejumlah *field* dari *header IP* dan akan membagi menjadi nilai 32 bit menggunakan algoritma *hashing*.

Kelebihan dari metode ini adalah dengan menggunakan metode ini administrator sistem jaringan komputer dapat mencegah terjadinya *loop routing* pada trafik sehingga trafik *client* yang menuju *network* yang terhubung langsung ke *router* dan membagi *gateway* untuk tiap paket data yang masih berhubungan dengan data yang sebelumnya akan dilewatkan pada *gateway* yang sama.

Kekurangan pada metode *PCC* adalah dapat terjadinya overload pada salah satu *gateway* yang disebabkan pengaksesan situs yang sama.

D. Algoritma *Load Balancing*

Proses pembagian beban pada *load balancing* memiliki teknik serta algoritma. Algoritma pada *load balancing PCC* menggunakan algoritma *hashing* yang terbagi dari beberapa macam yaitu :

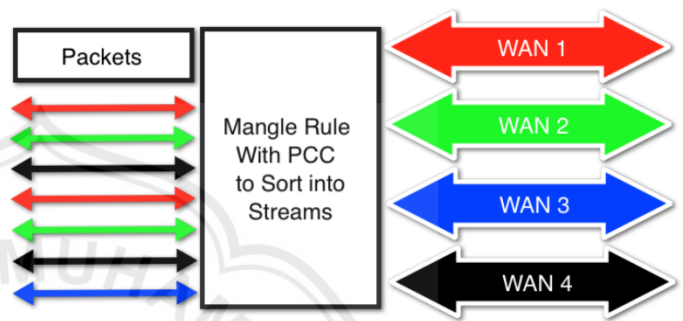
1. *Destination Hashing*

*Destination hashing* adalah salah satu algoritma dari *load balancing* yang meneruskan *request* dari *client* kepada suatu *server* sesuai dengan layanan yang diminta.

Terdapat table *hash* berisi alamat tujuan dari masing-masing *server* beserta layanan yang tersedia pada setiap *server*. Jadi, permintaan pengguna akan diarahkan sesuai dengan layanan yang diminta. (Altoumi Alsyabani, 2013).

2. *Source Hashing*

Algoritma ini hampir sama dengan metode *destination hashing* tetapi metode ini table *hash* berisi mengenai informasi alamat asal paket yang diirinkan oleh *client*. Jadi, pengarahannya permintaan pengguna diarahkan sesuai dengan alamat asal. (Altoumi Alsyabani, 2013).



Gambar 1 Algoritma *Load Balancing PCC*. (Discher, 2016)

E. *QoS*

*Quality Of Service* merupakan kualitas atau jaminan terhadap layanan service yang diberikan kepada pengguna jaringan. Jaminan yang diberikan diantaranya adalah faktor kegagalan sistem, keamanan jaringan dan stabilitas jaringan. Sehingga dengan adanya jaminan yang diberikan pengguna akan merasa nyaman dengan layanan yang digunakan.(Nasihin, Negara and Irwansyah, 2015).

Parameter *Quality of Services* terdiri dari:

1. *Throughput*

*Throughput* adalah kecepatan (rate) transfer data efektif, yaitu di ukur dalam bps. *Throughput* merupakan jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut.(Sukri and Jumiati, 2017)

Persamaan perhitungan *Throughput* :

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

2. *Packet Loss*

*Packet loss* adalah jumlah paket yang hilang dalam suatu pengiriman paket data pada suatu jaringan. Beberapa penyebab terjadinya *packet loss* adalah adanya noise, collision dan congestion yang disebabkan oleh terjadinya antrian yang berlebihan.(Sukri and Jumiati, 2017)

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* adalah variasi-variasi dalam panjang antrian, dalam waktu pengolahan data dan juga dalam waktu penghimpunan ulang paket-paket diakhiri perjalanan. (Sukri and Jumiaty, 2017).

Persamaan perhitungan *Jitter* :

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

### 4. *Delay*

*Delay* adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik kongesti atau juga waktu proses lama. (Sukri and Jumiaty, 2017). *Delay* dalam sebuah sistem jaringan komputer dalam proses transmisi paket disebabkan karena adanya antrian yang panjang ataupun pengambilan rute lain untuk menghindari kemacetan saat pada proses routing.

Persamaan perhitungan *Delay (Latency)* :

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

### F. Mikrotik Router

Mikrotik adalah vendor baik hardware dan software yang menyediakan fasilitas membuat router. Salah satunya ialah Mikrotik Router OS yang digunakan khusus untuk membuat sebuah router. Mikrotik Router OS adalah sistem operasi independen berbasis Linux khusus untuk komputer yang difungsikan sebagai router. Mikrotik didesain untuk mudah digunakan seperti merancang dan membangun sebuah sistem jaringan komputer skala kecil hingga yang besar. (Puspitasari, 2007).

Mikrotik pada standar perangkat keras berbasis PC (*Personal Computer*) mempunyai kehandalan dalam hal kestabilan, kualitas kontrol dan fleksibilitas saat menangani proses routing atau pun menerima dan menyalurkan paket data.

### G. *Wireshark*

*Wireshark* adalah tool yang ditujukan untuk penganalisaan paket data jaringan. (Adriant, 2015) *Wireshark* juga dapat disebut sebagai *Network Packet Analyzer*. *Network*

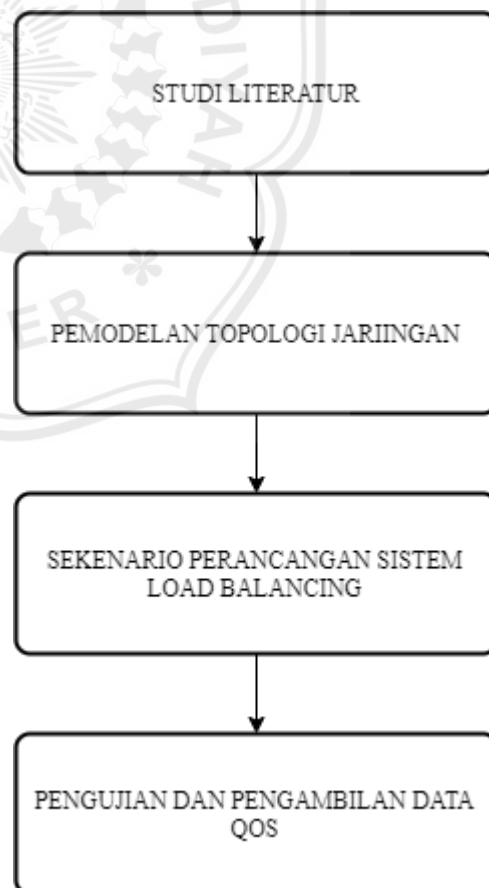
*Pakcket Analyzer* mempunyai fungsi menangkap paket-paket dari jaringan dan berusaha menampilkan informasi yang ada di paket tersebut secara rinci.

*Wireshark* memungkinkan kita untuk mengamati data dari suatu jaringan yang ada dan dapat langsung kita filter data apa sajakah yang ingin kita monitor. Informasi singkat dan detail dapat dilihat dan dicapture di masing masing paket, termasuk full header dan porsi data. *Wireshark* mempunyai fitur termasuk display filter language yang kaya dan kemampuan untuk merekonstruksi kembali sebuah aliran pada sesi TCP. (Kurniawan and Pulungan, 2011)

## III. METODOLOGI

### A. Kerangka Penelitian

Untuk menganalisa metode *load balancing* pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran beberapa parameter yaitu *throughput*, *jitter*, *delay* dan *packet loss*. Metodologi penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu studi literatur dan mencari dasar teori, analisa dan pemodelan topologi jaringan, scenario perancangan system *load balancing*, pengujian QoS dan pengambilan data dari QoS, pengambilan kesimpulan. Metodologi penelitian yang berisikan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian dapat ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok metodologi penelitian

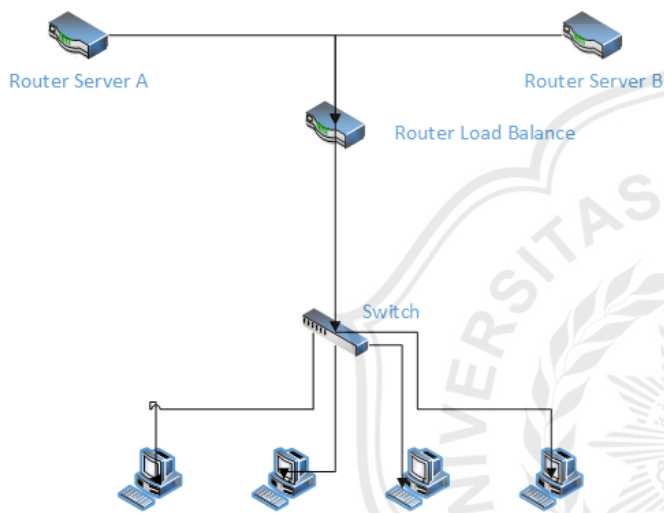
B. Studi Literatur

Studi literatur disini dengan mencari dasar teori dan referensi yang sesuai dengan permasalahan yang ditemukan, referensi disini berisikan tentang :

1. Bandwidth.
2. Load Balancing.
3. QoS.

Referensi ini didapatkan melalui media buku, jurnal dan laporan penelitian. Diharapkan dengan adanya studi literatur dapat menjadi landasan dasar untuk penelitian ini.

C. Pemodelan Topologi Jaringan



Gambar 3 Pemodelan Topologi Jaringan.

Dari gambar diatas dapat dilihat terdapat Router Server A dan Router Server B untuk inputan *bandwidth* dan diteruskan ke Router Load Balance untuk di implementasikan *load balancing* dan diteruskan menuju *switch* dan di salurkan menuju *client*.

D. Skenario Perancangan Sistem Load Balancing

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

1. Kebutuhan Hardware
  - 2 Mikrotik RB750 sebagai router server
  - 1 Mikrotik RB750 sebagai load balancing PCC (Per Connection Classifier)
  - 1 buah switch
  - 5 PC sebagai client
2. Kebutuhan 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

Dalam pengujian ini menggunakan beberapa jalur internet yang mempunyai *dedicated bandwidth* yang maksimal *bandwidth* berkapasitas 4 Mbps. Yang akan di distribusikan melalui beberapa *router* mikrotik yang akan diuji menggunakan beberapa pola pembagian *bandwidth* agar dapat terlihat perbandingan proses dari pembagian *bandwidth* 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. Sehingga dari perbandingan pola tersebut dapat terlihat perbandingan pola yang optimal.

a. Skenario Load Balancing

Dalam penelitian ini menggunakan jalur internet Biznet dengan *dedicated bandwidth* 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
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
1 PC + 1 PC	1:1
1 PC + 2 PC	1:2
1 PC + 3 PC	1:3
1 PC + 4 PC	1:4
2 PC + 3 PC	2:3

Tabel 2 Skema Client

b. Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melakukan aktifitas download dari komputer client dengan parameter QoS yaitu throughput, 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.

c. Analisa hasil pengujian

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

IV. HASIL

RATIO	AVERAGE			
	DELAY RATA-RATA(ms)	JITTER(ms)	THROUGHPUT(kbps)	PACKET LOSS
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:1	11,2480819	-0,0045898	833,9367060	21%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:2	4,6723557	-0,0028339	1471,3585035	10%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:3	3,5396385	0,0000031	1914,7348003	10%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:4	2,4599374	-0,0000493	2932,2521908	4%
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 2:3	2,0684974	0,0000187	3171,4806829	4%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:1	1,6609641	0,0000004	3684,8963915	3%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:2	2,3131637	-0,0000006	2609,1274627	26%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:3	1,7425361	-0,0000001	4423,6432895	6%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:4	5,7793508	0,0003796	1410,4746809	66%
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 2:3	4,1406231	0,0012417	2178,1595093	46%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:1	1,7498073	0,0000054	4133,8748803	8%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:2	1,6601075	0,0000208	4204,0041942	5%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:3	2,6090601	-0,0000264	3018,4101153	21%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:4	1,7293912	0,0005767	4215,7450431	5%
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 2:3	1,3575153	0,0000100	4955,0887505	1%

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

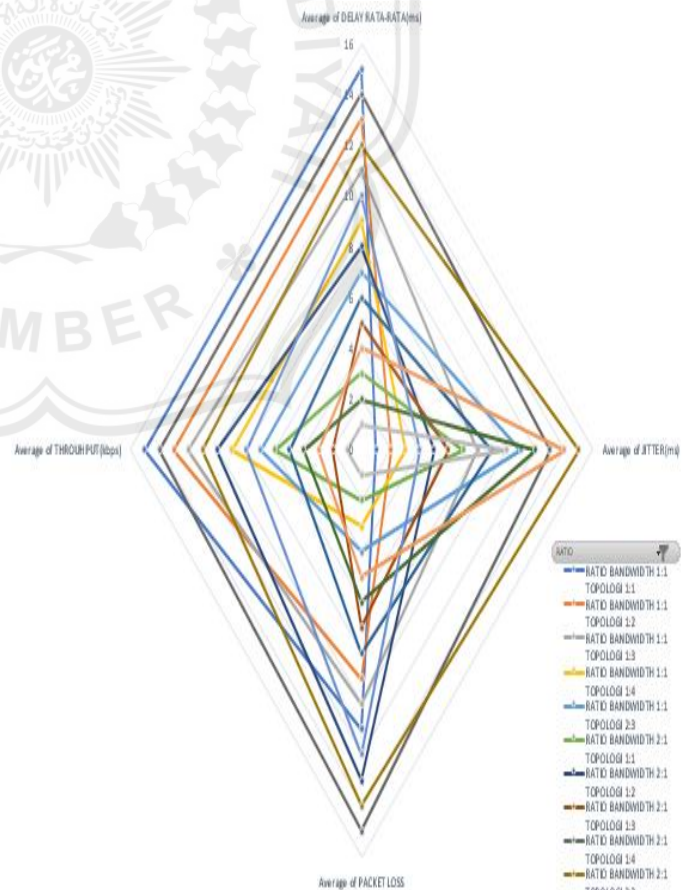
sebagai nilai terbaik. Hasil perangkingan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:

Row Labels	RANGKING				
	Average of DELAY RATA-RATA(ms)	Average of JITTER(ms)	Average of PACKET LOSS	Average of THROUGHPUT(kbps)	AVERAGE RANGKING
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 2:3	1	10	1	1	3,25
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:1	3	7	2	6	4,5
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:3	5	6	7	2	5
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:4	9	3	3	9	6
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:2	2	12	6	4	6
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:4	4	14	5	3	6,5
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:3	6	9	8	5	7
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 2:3	7	11	4	7	7,25
RATIO BANDWIDTH 4:1 TOPOLOGI 1:3	10	4	12	8	8,5
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:2	8	5	13	10	9
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:2	13	2	9	13	9,25
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:3	11	8	10	12	10,25
RATIO BANDWIDTH 1:1 TOPOLOGI 1:1	15	1	11	15	10,5
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 2:3	12	15	14	11	13
RATIO BANDWIDTH 2:1 TOPOLOGI 1:4	14	13	15	14	14

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 1,3575153 ms, nilai jitter 0,0000100 ms, nilai throughput 4955,0887505 kbps, dan nilai packet loss 1%.

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 dari 15 skema dan topologi yang ada dan mendapatkan peringkat tertinggi dengan nilai delay 1,3575153 ms, nilai jitter 0,0000100 ms, nilai throughput 4955,0887505 kbps, dan nilai packet loss 1%.

Dan diketahui bahwa *Load balancing* PCC dapat berjalan optimal apabila semakin banyak *client* yang terhubung dan semakin banyaknya *bandwidth* yang di bagi dari hasil analisa QoS yang telah di lakukan.

Untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan *bandwidth shared bandwidth* untuk perbandingan menggunakan inputan *bandwidth* yang berbeda.

Melakukan penelitian menggunakan media streaming seperti video ataupun *live streaming*.

## VI. REFERENSI

Adriant, M. F. (2015) 'Implementasi Wireshark Untuk Penyadapan (Sniffing) Paket Data Jaringan', Seminar Nasional Cendekiawan, pp. 224–228.

Bhayangkara, F. J. and Riadi, I. (2014) 'IMPLEMENTASI PROXY SERVER DAN LOAD BALANCING MENGGUNAKAN METODE PER CONNECTION CLASSIFIER ( PCC ) BERBASIS MIKROTIK ( Studi kasus: Shmily . net )', Jurnal Sarjana Tekni Informatika, 2(2), pp. 1206–1217.

Firdaus, M. I. (2017) 'Analisis Perbandingan Kinerja Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi-Path) Dengan Metode PCC (Per Connection Classifier) Pada Mikrotik RouterOS', Uniska, 8(3), pp. 165–170.

Kurniawan, H. and Pulungan, R. (2011) 'Analisis Kinerja Beberapa Algoritma Load Balancing', Seminar Nasional Informatika Yogyakarta, 2011(semnasIF), pp. 1979–2328.

Nasihin, F. Z., Negara, A. B. P. and Irwansyah, A. (2015) 'Studi Perbandingan Performa QoS (Quality of Service) Tunneling Protocol PPTP Dan L2TP Pada Jaringan VPN Menggunakan MikroTik', JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi), 4(1), pp. 39–44. Available at: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/justin/article/view/12214>.

Puspitasari, N. F. (2007) 'Implementasi Mikrotik Sebagai Solusi Router Murah dan Mudah', Seminar Nasional Teknologi, 2007(Mikrotik), pp. 1–14.

Rifai, B. (2017) 'Management Bandwidth Pada Dynamic Queue Menggunakan Metode Per Connection Queuing', JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Komputer), 2(2), pp. 73–79. doi: 10.1109/ICCVW.2011.6130505.

Sukri and Jumiati (2017) 'Analisa Bandwidth Menggunakan Metode Antrian', Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab, 2(2), pp. 245–257.

Altoumi Alsayibani, O. M. (2013) PERFORMA ALGORITMA LOAD BALANCE PADA SERVER WEB APACHE DAN NGINX DENGAN DATABASE POSTGRESQL. UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA.

Discher, S. (2016) 'Load Balancing Using', What is load balancing and why would I want it?, pp. 29–33. Available at: <https://mum.mikrotik.com/presentations/US12/steve.pdf>.