

BAB V

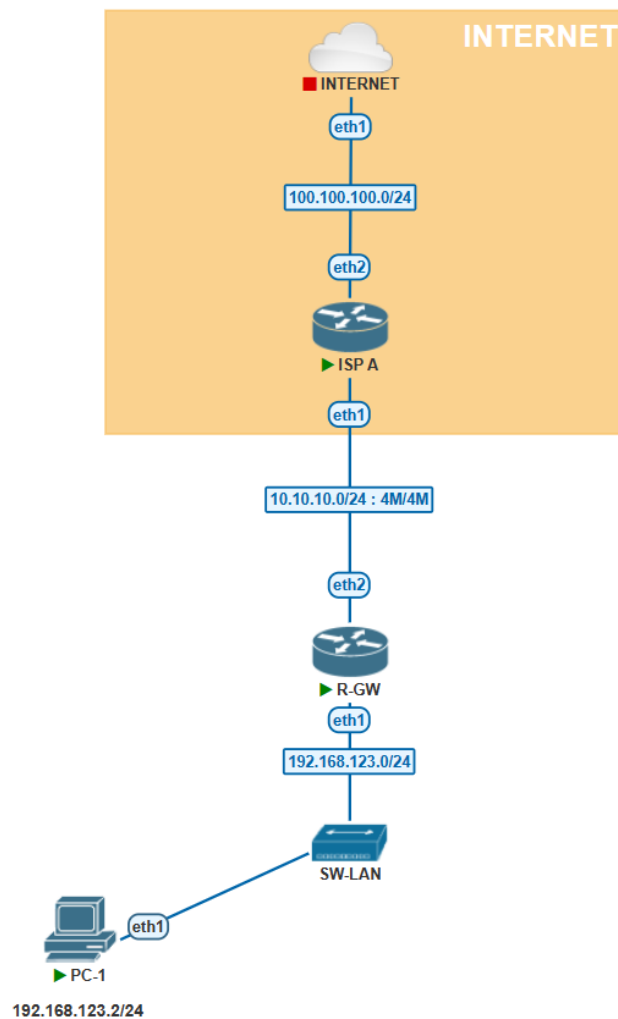
PEMBAHASAN DAN HASIL PENELITIAN

5.1 Pembahasan

Pengujian dilakukan menggunakan 3 studi kasus yang menerapkan 3 metode, yaitu *Single gateway*, *Multi gateway* dengan metode *ECMP*, dan *Multi gateway* dengan metode *PCC*.

5.1.1 Studi Kasus 1 – *Single gateway*

Pada kondisi ini jaringan hanya memiliki 1 link gateway, dengan bandwidth 4M/4M seperti pada gambar topologi berikut :

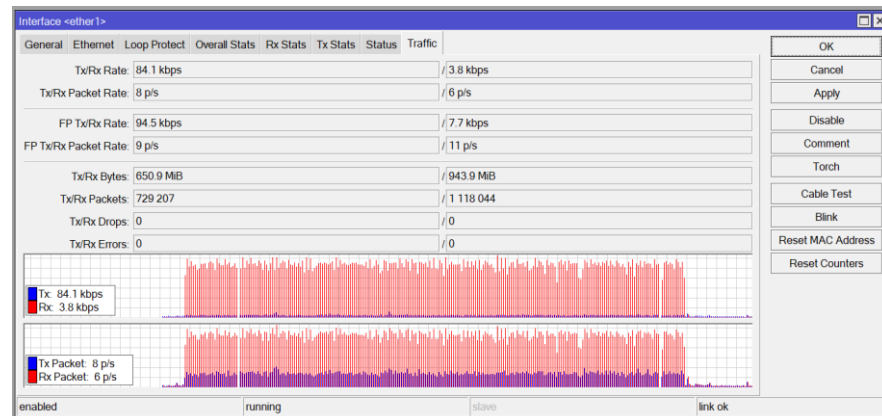


Gambar 5.1 Topologi studi kasus 1 – *Single gateway*

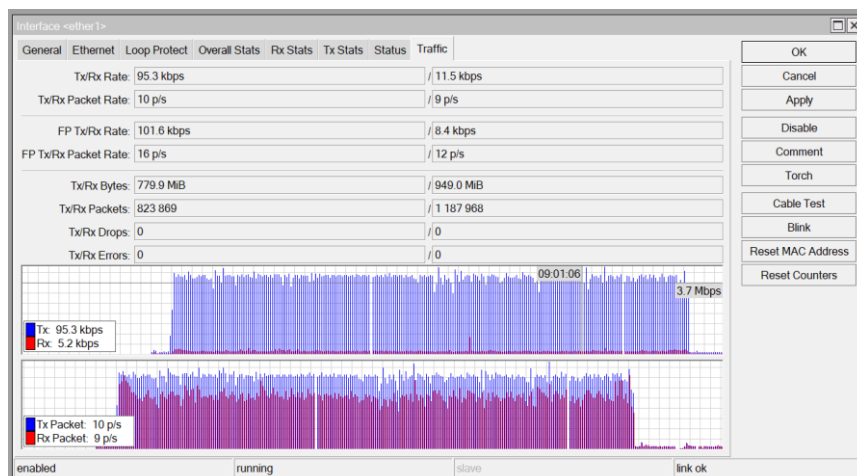
Dalam kondisi di atas seperti pada Gambar 5.1 PC-1 sebagai client/pengguna akan melakukan 4 pengujian sesuai dengan data yang dibutuhkan, perangkat R-GW sebagai router gateway berperan sebagai penghubung jaringan client dan public, perangkat ISP-A yang menjadi satu-satunya jalur akses internet memiliki bandwidth 4Mb upload dan 4Mb download. Konfigurasi utama terdapat pada R-GW yang mengatur agar client dapat terhubung ke internet, adapun di sini pengujian melakukan konfigurasi utama berupa IP Address untuk network client, DHCP Client yang akan didapat dari ISP-A, pemasangan NAT dengan out-interface di ether2 (link ke internet), dan default route sebagai routing global dari router gateway ke internet. Konfigurasi ISP-A hanya sebagai router yang menyediakan akses internet. Jika jaringan sudah stabil dan dapat digunakan selayaknya internet pada jaringan pada umumnya, maka akan dimulai pengujian, pada pengujian ini dilakukan untuk mencari nilai dari pengujian PC yang melakukan Speedtest, upload file, download file, dan streaming.

Berikut ini adalah informasi data yang telah didapat dari pengujian ini

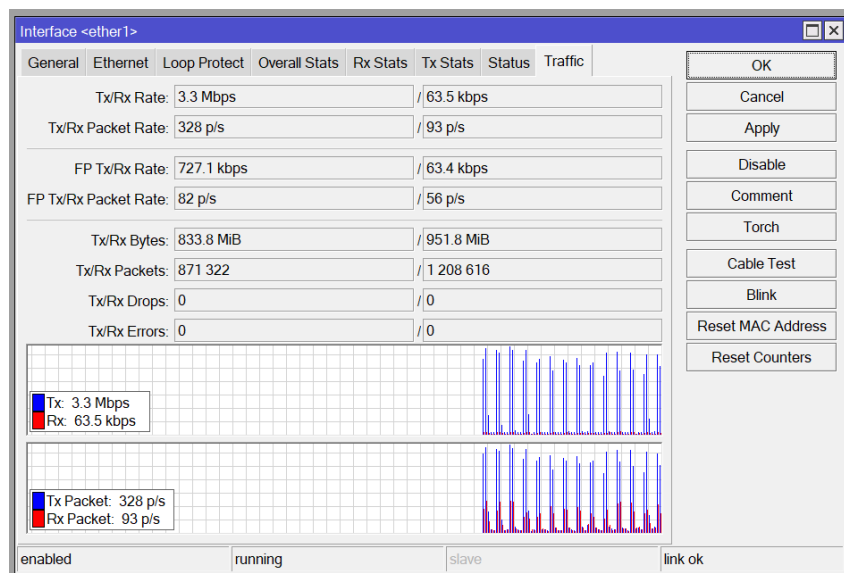
:



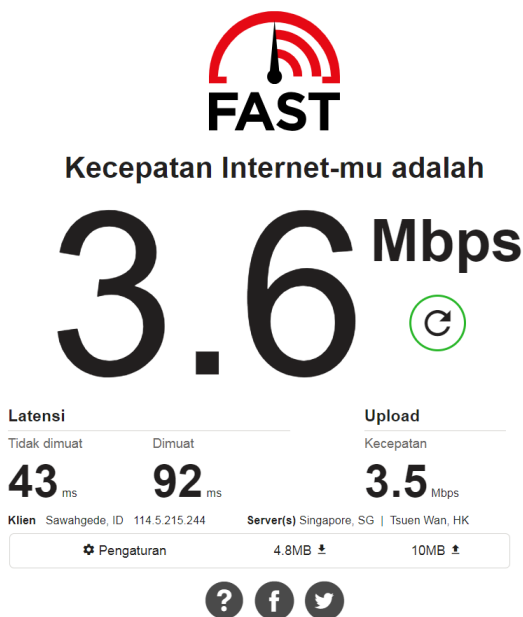
Gambar 5.2 Hasil pengujian Upload – Single Gateway



Gambar 5.3 Hasil pengujian Download – Single Gateway



Gambar 5.4 Hasil pengujian Streaming – Single Gateway



Gambar 5.5 Hasil pengujian Speedtest – Single Gateway

Dari hasil di atas yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 – Gambar 5.5, pengujian dilakukan beberapa kali pengulangan 2-3x pengulangan untuk memastikan apakah data nya memiliki nilai yang sama dalam kondisi topologi yang dirancang, dan adapun rangkuman data yang didapatkan adalah sebagai berikut:

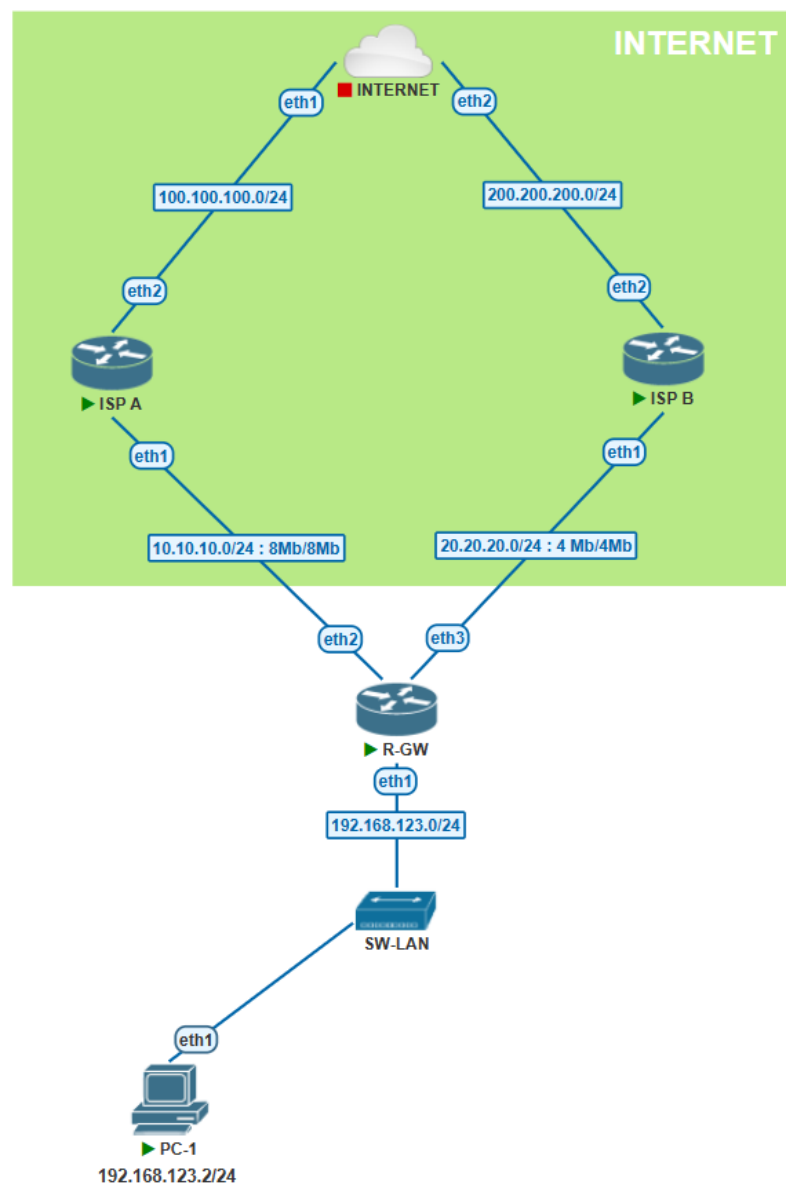
Tabel 5.1 Hasil pengujian studi kasus 1 – Single Gateway

NO.	PENGUJIAN	JENIS	HASIL
1.	Speedtest ke fast.com	Kecepatan Data	3,5 Mbps / 3,6Mbps
2.	Upload File (111Mb)	Upload Data	4 Menit
3.	Download File (111Mb)	Download Data	4 Menit
4.	Streaming YouTube (2 menit)	Streaming Data	3,3 Mbps

Tabel 5.1 menunjukkan bahwa nilai speedtest memiliki durasi upload dan download yang sama selama 4 menit, dengan streaming selama 2 menit memiliki rata-rata 3,3 Mbps, hamper mendekati nilai yang sama saat melakukan speedtest.

5.1.2 Studi Kasus 2 – Multi Gateway – Metode ECMP

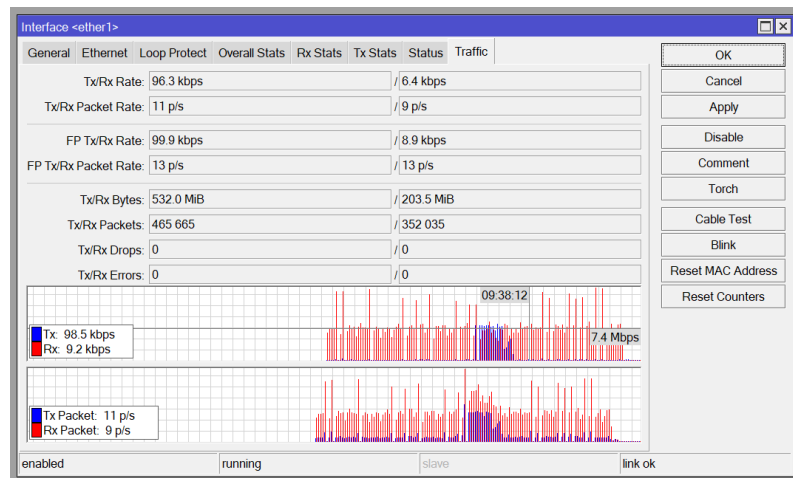
Dalam studi kasus kedua ini sudah mulai menggunakan Metode *Multi gateway* dengan jenis Equal cost Multi Path (*ECMP*) yang merupakan metode pemilihan jalur keluar secara bergantian pada gateway. jika ada dua gateway, maka akan melewati kedua gateway tersebut dengan beban yang sama (equal cost) pada masing-masing gateway.



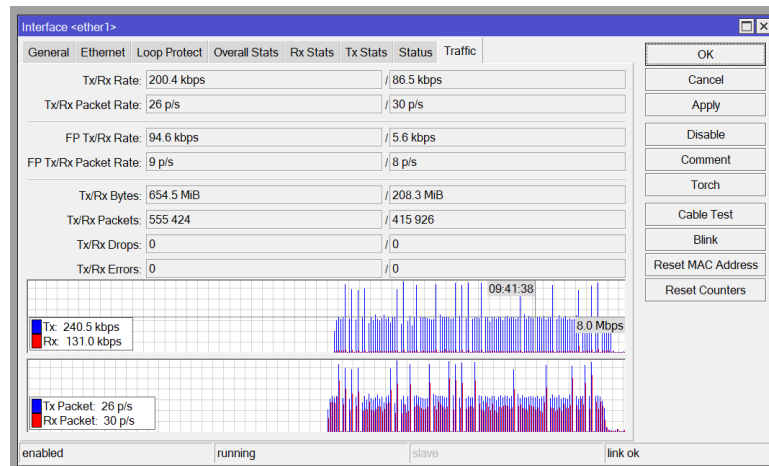
Gambar 5.6 Topologi studi kasus 2 – ECMP

Dalam kasus ini, terlihat pada topologi pada Gambar 5.6 terdapat 2

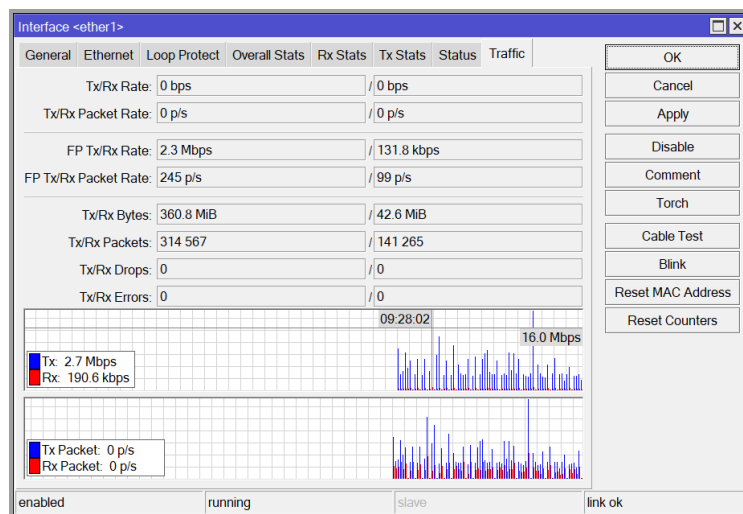
ISP yang memiliki nilai bandwidth yang berbeda, di mana ISP-A memiliki bandwidth 8Mb/8Mb dan ISP-B memiliki bandwidth 4Mb/4Mb, kedua link ini aktif secara bersamaan dan dapat digunakan, *ECMP* sendiri menggunakan metode penulisan dual gateway dan penandaan link menggunakan fitur mangle dan route rule sebagai penentuan gateway, adapun kedua ini sama-sama dibutuhkan sebagai syarat agar *ECMP* dapat berfungsi. Pada topologi di atas terdapat PC-1 sebagai client yang terhubung ke R-GW sebagai router gateway, pada router R-GW yang menjadi perangkat utama memiliki 3 interface yang digunakan, ether1 terhubung ke client, ether2 ke ISP-A dan ether3 ke ISP-B, konfigurasi utama terdapat pada router R-GW yakni berupa pemasangan IP Address baik ke jaringan client dan ke ISP, pemasangan NAT pada interface yang mengarah ke ISP-A dan ISP-B, pemasangan mangle pada interface pada ether2 dan ether2 untuk memfilter paket, memasang ip route rule dan menerapkan parameter dari mangle yang telah dibuat, dan terakhir pemasangan ip route yang pada ke-2 interface yang terhubung ke ISP-A dan ISP-B dengan menerapkan parameter ip route rule yang telah dibuat. Adapun konfigurasi ISP-A dan ISP-B hanya menjadikan router sebagai penyedia internet akses dengan maksimum bandwidth yang telah ditentukan. Apabila jaringan sudah stabil dan dapat digunakan sebagaimana mestinya, dan memastikan jalur internet ISP-A dan ISP-B dapat digunakan, maka pengujian akan memulai pengujian untuk mengumpulkan informasi untuk data yang dibutuhkan. Dalam pengujian studi kasus ke-2 ini, pengujian menggunakan metode pengujian yang sama yaitu mengolah bandwidth dan transfer rate yang digunakan. pengujian PC yang melakukan Speedtest, upload file, download file, dan streaming, adapun data yang didapatkan adalah sebagai berikut:



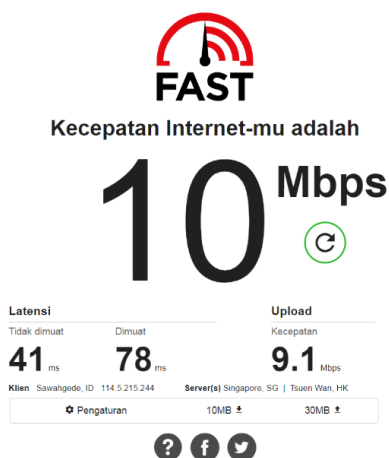
Gambar 5.7 Hasil pengujian Upload – ECMP



Gambar 5.8 Hasil pengujian Download – ECMP



Gambar 5.9 Hasil pengujian Streaming – ECMP



Gambar 5.10 Hasil pengujian Speedtest – ECMP

Hasil pengujian di atas yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 – Gambar 5.10, dilakukan beberapa kali pengulangan 3-5x pengulangan untuk memastikan apakah data nya memiliki nilai yang sama dalam kondisi topologi yang dirancang, terlebih pada studi kasus ke-2 ini sudah menggunakan mekanisme *Fail over* dan loadbalance sehingga dibutuhkan ke akuratan data yang perlu diujikan beberapa kali, dan adapun rangkuman informasi dari data yang telah diujikan pada metode *ECMP* ini dirangkum dalam bentuk Tabel sebagai berikut:

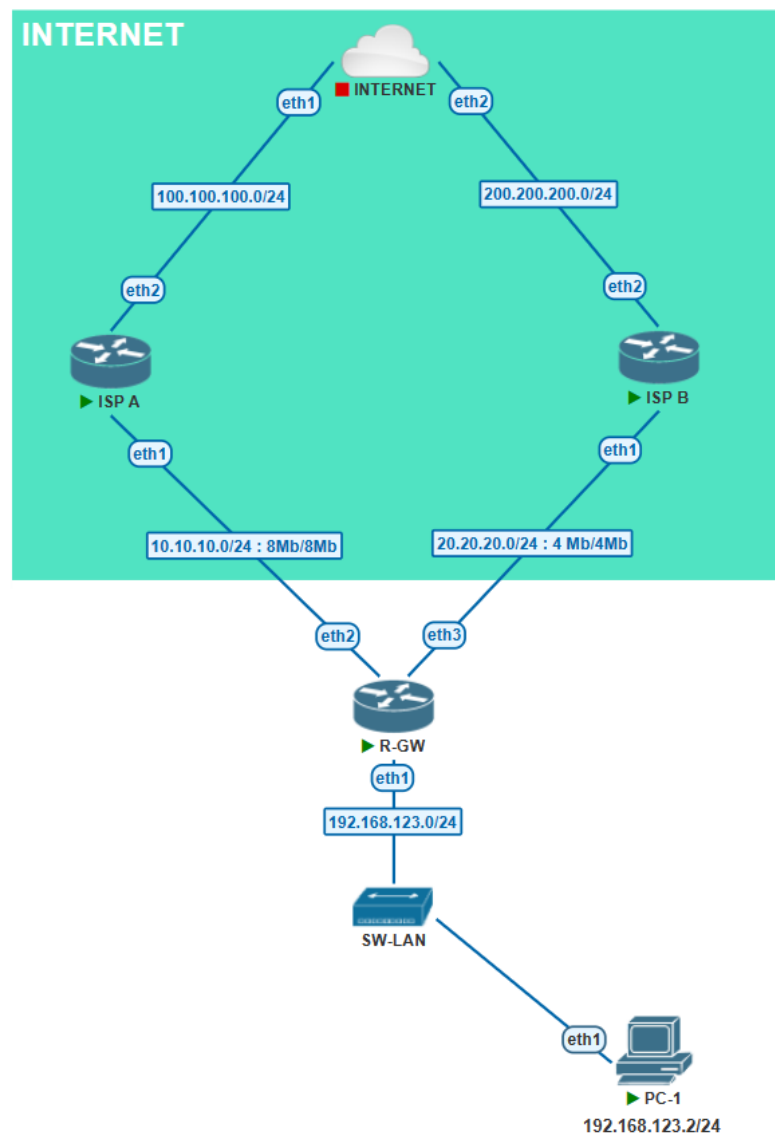
Tabel 5.2 Hasil pengujian studi kasus 2 – ECMP

NO.	PENGUJIAN	JENIS	HASIL
1.	Speedtest ke fast.com	Kecepatan Data	10 Mbps / 9,1 Mbps
2.	Upload File (111Mb)	Upload Data	2 Menit
3.	Download File (111Mb)	Download Data	2 Menit
4.	Streaming YouTube (2 menit)	Rate Data	8 Mbps

Pada Tabel 5.2, pengujian *Load balancing* dengan metode *ECMP* menunjukkan hasil yang cukup memuaskan dengan durasi Upload dan Download yang cepat dari pengujian sebelumnya, adapun rate data saat melakukan streaming mencapai 8 Mbps, dan saat melakukan speedtest didapat nilai bandwidth hingga mencapai 10 Mbps.

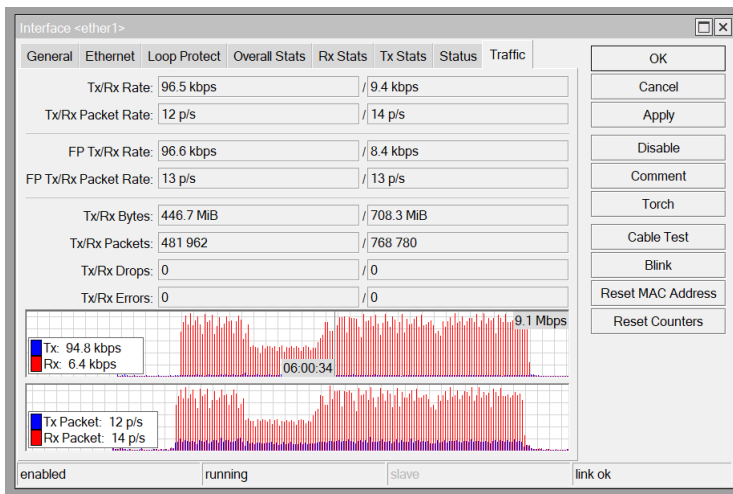
5.1.3 Studi Kasus 3 - Multi Gateway – Metode PCC

Pada studi kasus ke 3, peneliti menerapkan *Load balancing* menggunakan metode *PCC (Per Connection Classifier)* pada *MikroTik*, fitur yang memungkinkan untuk melakukan *Load balancing* atau penyeimbangan beban trafik secara cerdas berdasarkan koneksi individu, bukan hanya berdasarkan alamat IP atau port. Ini memungkinkan penggunaan bandwidth yang lebih efisien dengan mendistribusikan lalu lintas secara merata melintasi multiple links atau jalur.

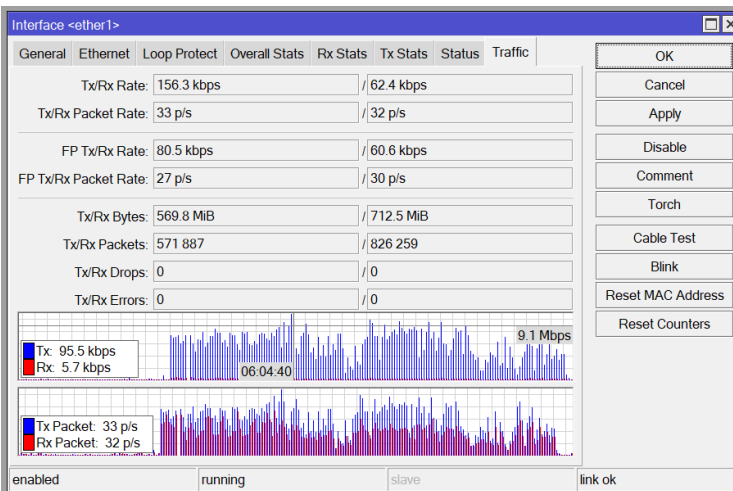


Gambar 5.11 Topologi studi kasus 3 – PCC

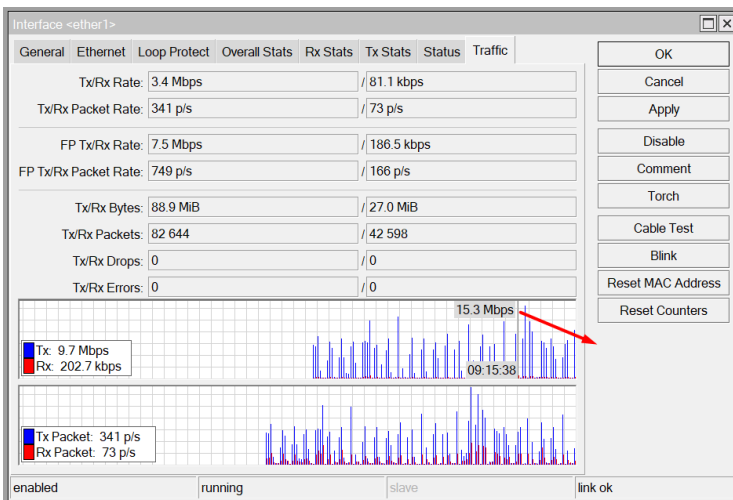
Pada Desain topologi Gambar 5.11, terlihat ada kesamaan dengan studi kasus sebelumnya, akan tetapi di sini penguji menerapkan metode yang berbeda yaitu metode *PCC* dalam penerapan jaringan *Multi gateway*. Pada topologi di atas terdapat 1 client/user yang menjadi perangkat yang melakukan pengujian, client terhubung ke router R-GW sebagai router gateway dari client tersebut, pada router ISP-A yang menjadi penyedia internet memiliki bandwidth sebesar 8M/8M dan ISP-B memiliki bandwidth sebesar 4M/4M. pada studi kasus ke-3 ini, topologi sama persis dengan topologi studi kasus ke-2, akan tetapi pada penerapan konfigurasi berbeda, masih pada router utama R-GW yang memiliki peran penting, konfigurasi pada router tersebut berupa pemasangan IP address pada setiap interface yang terhubung, yakni ether1 ke client, ether2 ke ISP-A, ether3 ke ISP-B, konfigurasi NAT pada interface ether2 untuk ISP-A dan ether3 untuk ISP-B, konfigurasi mangle untuk menandai packet yang melalui ether2 dan ether3 dengan action mark-routing dan mark-connection pada trafik input dan output untuk masing-masing ISP, pada tahap ini harus sangat berhati-hati dikarenakan apabila terdapat kesalahan konfigurasi akan berdampak pada hasilnya seperti gateway tidak dapat digunakan atau mungkin link nya mati, konfigurasi selanjutnya memasang ip route dengan gateway masing-masing ISP dengan menerapkan mangle yang sebelumnya telah dibuat. Dan apabila konfigurasi utama pada R-GW telah selesai, penguji akan memastikan apakah jaringannya sudah dapat digunakan baik pada jalur ISP-A ataupun ISP-B, apabila telah selesai melakukan pengecekan maka penguji akan melakukan pengujian untuk mencari data-data yang dibutuhkan, adapun pengujian ini masih sama dengan metode sebelumnya yakni melakukan Speedtest, upload file, download file, dan streaming, adapun data yang didapatkan adalah sebagai berikut:



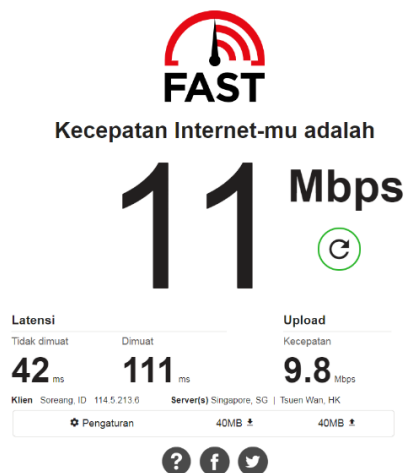
Gambar 5.12 Hasil pengujian Upload – PCC



Gambar 5.13 Hasil pengujian Download – PCC



Gambar 5.14 Hasil pengujian Streaming – PCC



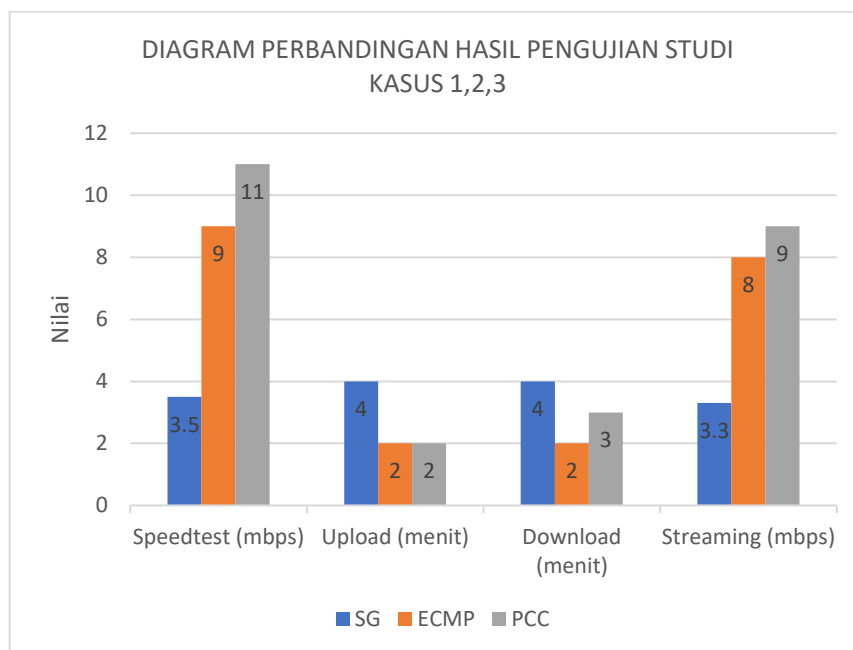
Gambar 5.15 Hasil pengujian Speedtest – PCC

Pada hasil-hasil pengujian di atas yang ditunjukkan pada Gambar 5.12 – Gambar 5.15 dilakukan beberapa kali pengulangan 3-5x pengulangan yang sama seperti metode sebelumnya untuk memastikan apakah data nya memiliki nilai yang sama dalam kondisi topologi yang dirancang, terlebih pada studi kasus ke-3 ini sudah menggunakan mekanisme *Fail over* dan loadbalance sehingga dibutuhkan ke akuratan data yang perlu diujikan beberapa kali, dan dari hasil pengujian studi kasus ke-3 ini dapat dirangkum dalam informasi data dalam bentuk Tabel sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hasil pengujian studi kasus 3 – PCC

NO.	PENGUJIAN	JENIS	HASIL
1.	Speedtest ke fast.com	Kecepatan Data	11 Mbps / 9,8 Mbps
2.	Upload File (111Mb)	Upload Data	2 Menit
3.	Download File (111Mb)	Download Data	3 Menit
4.	Streaming YouTube (2 menit)	Rate Data	9 Mbps

Dari hasil yang didapat pada pengujian ini terlihat pada Tabel 5.3 dengan hasil yang memuaskan, nilai-nilai tersebut hampir mendekati nilai total bandwidth yang dimiliki, dengan kecepatan speedtest sebesar 9-11 Mbps, durasi download dan upload yang cepat, dan streaming yang sangat besar mencapai 9 Mbps.



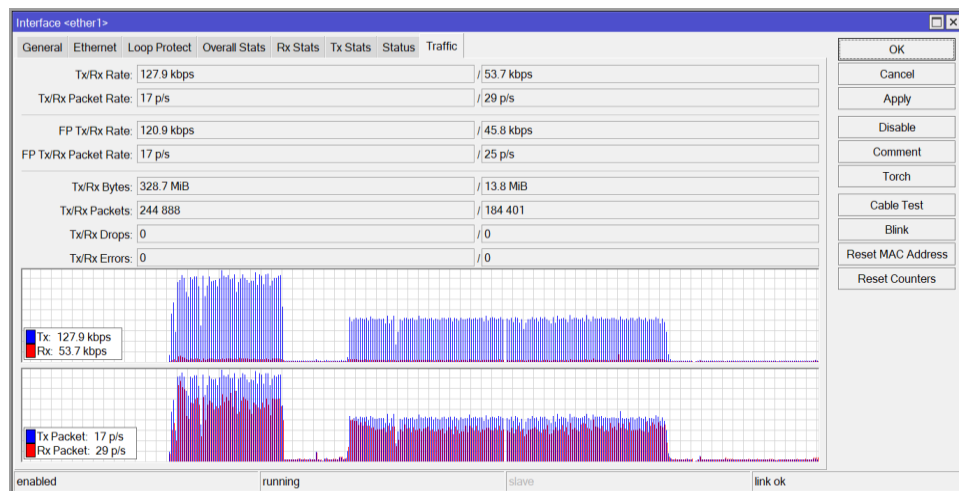
Gambar 5.16 Diagram perbandingan hasil pengujian studi kasus 1,2,3

Pada diagram Gambar 5.16, terlihat beberapa parameter yang memiliki nilai yang berbeda pada hasil masing-masing pengujian, pada speedtest metode *PCC* jauh lebih signifikan karena dapat mencapai nilai maksimal dan melebihi bandwidth maksimum per-ISP begitupun dengan *ECMP* yang memiliki nilai selisih 2 mbps, pada durasi upload terdapat durasi yang sama pada metode *PCC* dan *ECMP* akan tetapi tetap lebih unggul dibandingkan metode *single gateway*, pada hasil download terlihat ada perbedaan pada masing-masing metode, di mana *ECMP* lebih unggul bahkan dari *PCC* dalam durasi download, setelah dilakukan banyak pengujian, dikarenakan koneksi download yang stabil memang lebih unggul dalam *ECMP*, pada pengujian download yang menggunakan aplikasi IDM yang mengutamakan link internet harus stabil meski terdapat beberapa source data yang di download, berbeda dengan *PCC* yang benar-benar menggunakan pemfilteran packet data pada firewall sehingga ini memungkinkan terjadinya sedikit delay pada metode *PCC*, di sisi lain sumber penyedia internet dapat memengaruhi kualitas jaringan dan kestabilan koneksi internet saat sedang digunakan dalam mode transmisi data

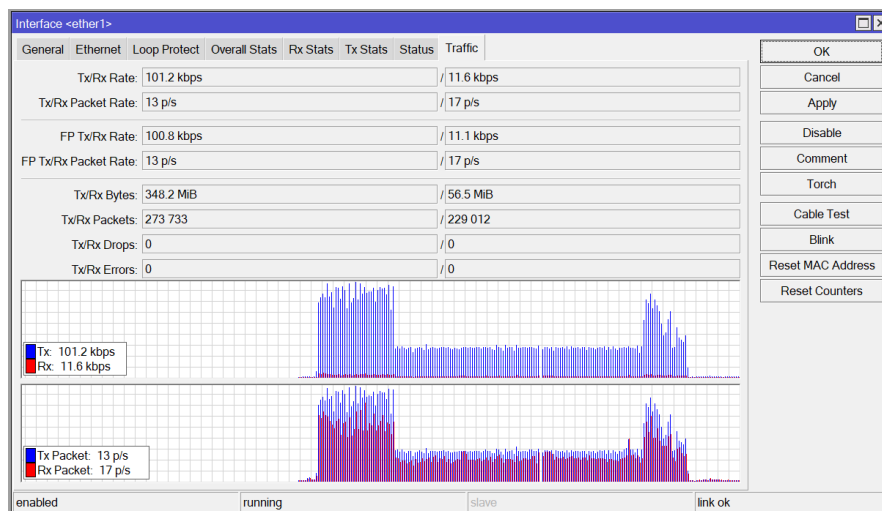
yang didominasi dengan pengunduhan data (download), lalu pada hasil terakhir yakni streaming, metode *PCC* lebih unggul dalam kestabilan yang di ukur dalam ukuran mbps, meski hanya selisih 1 mbps dari metode *ECMP*.

5.1.4 Pengujian Fail Over pada Metode ECMP dan PCC

Pada tahap ini, penguji membuat komparisasi dari 2 metode load balance untuk mencari mana metode terbaik dalam fungsi *Fail over* yang diterapkan pada loadbalance, pada pengujian ini, peneliti membuat scenario pengujian dengan kondisi Client sedang melakukan Download File berupa video sebesar 111 Mb, saat download berlangsung, pada saat kondisi download sudah sampai 40Mb ter download, penguji mematikan jalur utama (ISP-A) dan memantau apa yang terjadi, dan berikut ini adalah hasil yang telah diujikan :



Gambar 5.17 Hasil pengujian ECMP saat link down



Gambar 5.18 Hasil pengujian PCC saat link down

Pengujian di atas yang ditunjukkan pada gambar 5.17 dan Gambar 5.18, dilakukan dalam beberapa kali percobaan 3-5x untuk mendapatkan hasil yang sesuai dan tepat, dan berikut ini rangkuman hasil yang disajikan dalam bentuk Tabel :

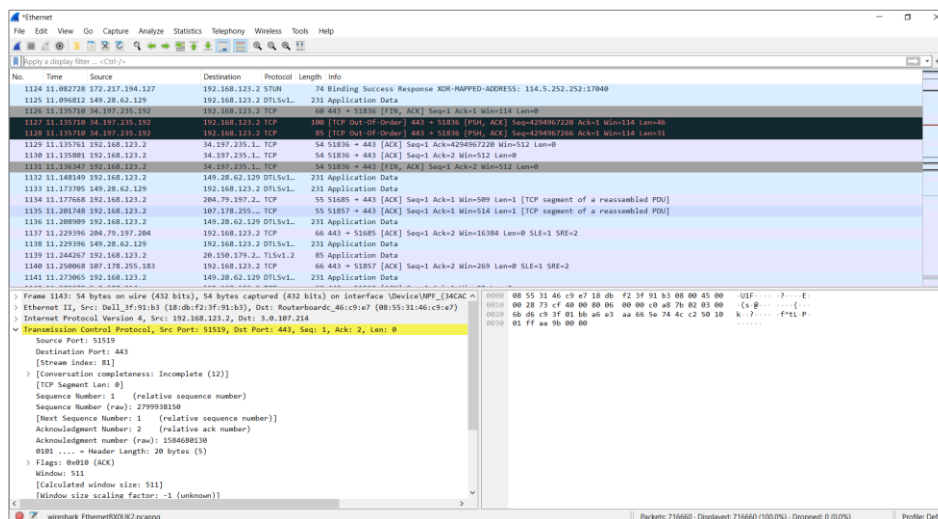
Tabel 5.4 Hasil pengujian fail over ECMP dan PCC

NO.	KETERANGAN	ECMP	PCC
1.	File di Download	111 Mb	111 Mb
2.	Data terdownload (jalur utama mati)	40 Mb	40 Mb
3.	Lama Link Down (delay)	30 detik	0 detik
4.	Jalur sebelum terjadi down	ISP A	ISP A
5.	Jalur setelah terjadi down	ISP B	ISP B
6.	Durasi File selesai di Download	5 Menit	2 Menit

Hasil penelitian yang dilakukan pada tabel 5.4 untuk menguji kecepatan mindah jalur/*Fail over* dalam metode penerapan dari metode yang berbeda menunjukkan hasil yang sangat bagus, dengan nilai yang paling mencolok adalah dari nilai Lama link down (delay) dengan metode ECMP yang memakan waktu 30 detik.

5.2 Hasil dan Evaluasi

Dari 3 penelitian yang dibuat menggunakan studi kasus yang berbeda, terdapat perbedaan besar antara 3 metode tersebut, analisis menggunakan berbagai fitur dan aplikasi seperti Wireshark, Packetloss, dll, terlihat pada Gambar 5.19 di bawah ini :



Gambar 5.19 Analisis pengolahan data menggunakan aplikasi Wireshark

Adapun hasil dari berbagai pengujian terlampir dalam tabel perbandingan sebagai berikut:

Tabel 5.5 Perbandingan hasil pengujian

NO.	JENIS	SG	ECMP	PCC
1.	Speedtest	3,5 Mbps	10 Mbps	11 Mbps
2.	Bandwith rate	3 - 3,9 Mbps	8 – 15 Mbps	9,5 – 15 Mbps
3.	Durasi Upload	4 menit	2 menit	2 menit
4.	Durasi Download	4 menit	2 menit	3 menit
5.	Bandwith Streaming video	3,3 Mbps	8 Mbps	9 Mbps
6.	Link Backup	-	Ya	Ya
7.	Durasi delay saat link down	-	30 detik	0 detik
8.	Kecepatan Fail Over	-	30 detik	0 detik

Dari tabel 5.5 yang terlampir, SG memiliki kekurangan dari link yang hanya memiliki 1 jalur saya, lalu *ECMP* yang memiliki bandwidth

yang bagus hanya saja ada kekurangan pada service fail overnya, berbeda dengan *PCC* yang memiliki hasil yang lebih bagus dari segi mana pun terutama pada saat *Fail over* terjadi.

Dan berdasarkan Indeks penilaian dari *TIPHON*, maka dapat disimpulkan perbandingan sebagai berikut:

- a. Hasil Pengujian data berdasarkan penilaian *TIPHON* pada *Single gateway* :

Tabel 5.6 Hasil penilaian standar TIPHON – Single Gateway

Data	Parameter	Hasil	Indeks
Pengolahan data dengan total 111 MB	Troughput	4,007 kb (100%)	4
	Paketloss	36,9 %	1
	Delay	0,2 ms	4
	Jitter	26,14 ms	3

Pada tabel di atas menunjukkan bahwa paketloss pada *single gateway* memiliki nilai yang buruk meski memiliki nilai throughput dan delay yang bagus.

- b. Hasil Pengujian data berdasarkan penilaian *TIPHON* pada *Load balancing ECMP* :

Tabel 5.7 Hasil penilaian standar TIPHON – ECMP

Data	Parameter	Hasil	Indeks
Pengolahan data dengan total 111 MB	Troughput	4,308 kb (100%)	4
	Paketloss	15,4 %	2
	Delay	0,1 ms	4
	Jitter	29,02 ms	3

Tabel di atas menunjukkan metode *ECMP* memiliki nilai delay dan throughput yang sangat baik dengan indeks 4, yang berarti bandwidth sebenarnya yang dimiliki metode ini sangat dimaksimalkan walau hanya pada 1 link gateway yang aktif.

- c. Hasil Pengujian data berdasarkan penilaian *TIPHON* pada *Load balancing PCC* :

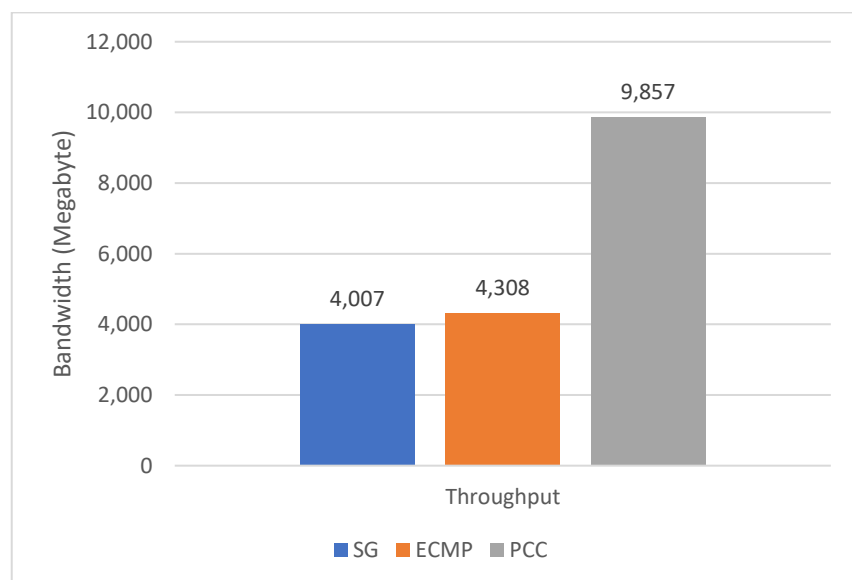
Tabel 5.8 Hasil penilaian standar TIPHON – PCC

Data	Parameter	Hasil	Indeks
Pengolahan data dengan total 111 MB	Troughput	9,857 kb (100%)	4
	Paketloss	12,1 %	3
	Delay	0,01 ms	4
	Jitter	17,80 ms	3

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata dari metode *PCC* adalah Bagus dan sangat bagus, baik dari segi penilaian apa pun, Throughput yang didapat melebihi salah satu maksimum bandwidth pada link backup, sehingga bandwidth dapat dimaksimalkan, dan nilai delay yang hanya 0,01 yang memungkinkan saat digunakan tidak memiliki kendala dalam komunikasi.

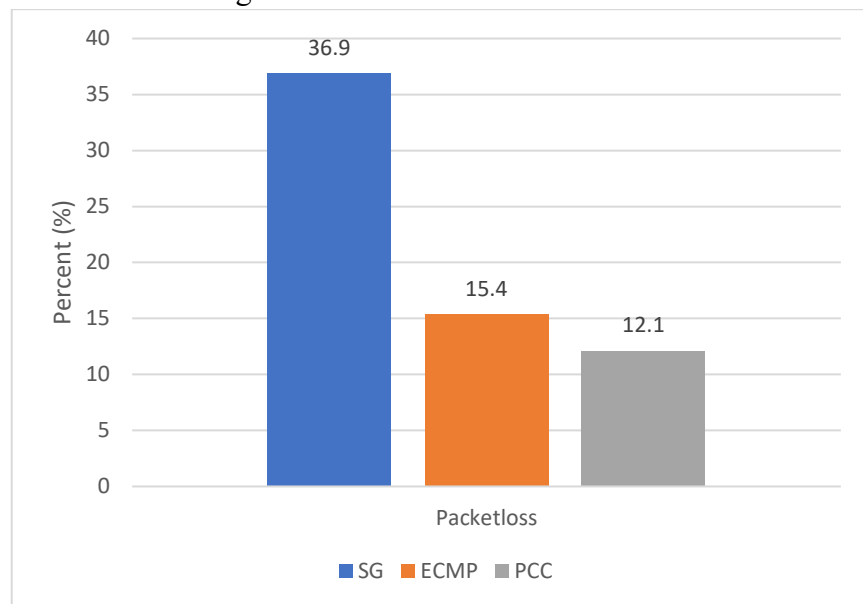
Hasil dalam bentuk Grafik perbandingan dari standar penilaian *TIPHON* yang berisi Throughput, Packetloss, Delay, dan Jitter :

1. Grafik perbandingan Throughput :



Gambar 5.20 Grafik perbandingan nilai Throughput

2. Grafik Perbandingan Paketloss :



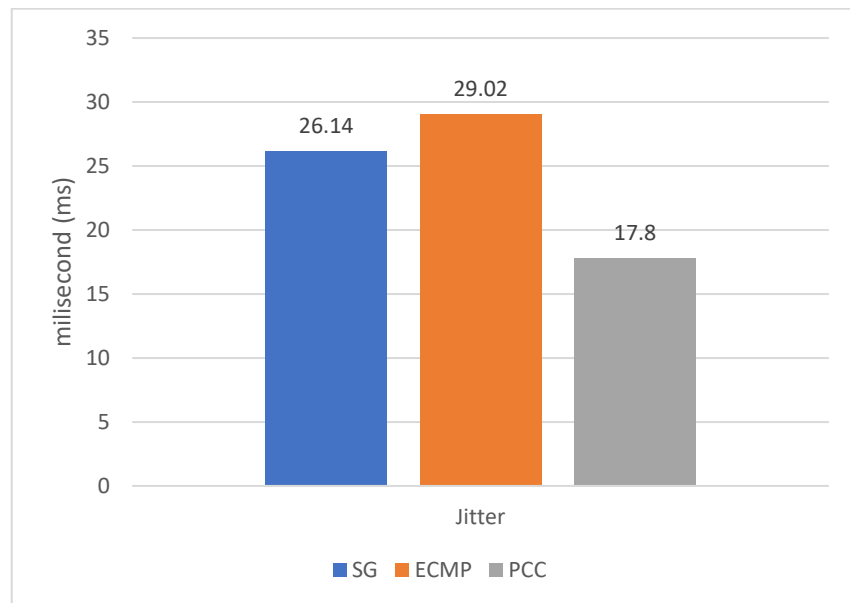
Gambar 5.21 Grafik perbandingan nilai Packetloss

3. Grafik Perbandingan Delay :



Gambar 5.22 Grafik perbandingan nilai Delay

4. Grafik Perbandingan Jitter :



Gambar 5.23 Grafik perbandingan nilai Jitter

Dari berbagai hasil penelitian yang dilakukan seperti hasil yang ditunjukkan pada diagram Gambar 5.20 – Gambar 5.23, loadbalance yang menggunakan *PCC* memiliki hasil yang lebih baik dengan nilai rata-rata 3 dan 4 untuk berbagai parameter Throughput, Packetloss, Delay, dan Jiter, belum lagi dari hasil pengujian setiap studi kasus yang membuktikan bahwa *PCC* memiliki keunggulan dibandingkan dengan metode yang lain, dengan kualitas Throughput yang sangat baik sehingga dapat memaksimalkan nilai bandwidth dalam 1 link utama, memiliki nilai packetloss yang sangat sedikit yang memungkinkan transfer data jadi lebih stabil, nilai delay yang memungkinkan tranfer rate dan entri packet jadi lebih stabil dan nilai jitter yang memungkinkan link lebih terjaga, sehingga dari penilaian berdasarkan indeks dapat dikatakan sangat baik dan hamper mendekati memuaskan.

5.3 Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penerapan Loadbalance menggunakan metode *PCC* merupakan salah satu fitur terbaik saat ini untuk kebutuhan akses jaringan yang lebih stabil.
- b. *PCC* lebih unggul dalam fungsi dan hasil dibandingkan *ECMP*, meski demikian dari segi konfigurasi jauh lebih mudah, akan tetapi *PCC* memberikan hasil yang cukup memuaskan dan sangat rapi.
- c. Tidak bisa dimungkiri bahwa jaringan yang memiliki *single gateway* atau hanya memiliki 1 link gateway jelas sangat memiliki banyak kekurangan dikarenakan hanya mengandalkan 1 link saja, dan jaringan akan mati disaat link gateway tersebut down.
- d. Kondisi di mana loadbalance diterapkan selain dapat membagi beban kerja saat komunikasi berlangsung, loadbalance juga memberikan service *Fail over* yang memungkinkan jaringan memiliki link utama dan link cadangan yang digunakan saat link utama down.
- e. Metode *PCC* memberikan solusi sangat baik pada saat jaringan utama down, maka akan langsung dipindahkan ke jalur cadangan tanpa ada jeda atau delay pergantian jalur, dibandingkan dengan *ECMP* yang memiliki delay atau jeda waktu 30 detik sampai jalur cadangan digunakan.

Untuk penelitian lebih lanjut, terdapat beberapa saran yang dapat diterapkan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya :

- a. Penelitian yang dilakukan menggunakan simulator sebagai langkah awal memulai penelitian dikarenakan kekurangan alat dan bahan, yaitu menggunakan Pnetlab yang dijalankan oleh emulator Vmware, sehingga hal ini dapat mengakibatkan kekurangan data yang lebih akurat.
- b. Aplikasi simulator tidak menjamin data akurat dikarenakan link bandwidth dari interface yang berbeda dengan aslinya, seperti ethernet

- yang memiliki maksimum bandwidth 10Mb, tetapi di emulator kurang lebih hanya 1Mb, dan hal ini menjadi sebuah tantangan bagi peneliti untuk membuat skala perbandingan skala yang lebih kecil.
- c. Penggunaan alat yang dibutuhkan setidaknya membutuhkan 3 perangkat router *MikroTik* sebagai Gateway, ISP-1 dan ISP-2, dan tentunya router-router tersebut haruslah memiliki fitur yang sudah mendukung seluruh layanan yang akan diujikan
 - d. Penerapan fitur firewall mangle yang digunakan sangatlah kompleks, dan harus teliti untuk membuat setiap rule yang diberikan, karena ketika salah satu yang keliru akan berdampak besar pada jaringan atau bahkan fitur nya tidak akan berfungsi.
 - e. Pengujian ini membutuhkan jaringan internet yang sangat stabil dan haruslah memiliki nilai bandwidth di atas total bandwidth dari studi kasus yang diujikan, jika total bandwidth untuk 1 studi kasus membutuhkan 8/8Mbps untuk setiap ISP, maka apabila terdapat 2 ISP minimal dibutuhkan jaringan internet yang memiliki bandwidth minimal 16Mbps.