

Analisis Kinerja *Per Connection Classifier* dan *Failover* pada *Multiple Gateway Internet Networks*

(Performance Analysis of *Per Connection Classifier* and *Failover* on *Multiple Gateway Internet Networks*)

Faris Agil Putra¹, Alif Subardono²

Abstract—A good design for the internet network is needed to create a good internet network. The problem that often occurs is the availability of the internet network. A solution that can be applied to this problem is to implement Load Balancing and Failover. The network concept used was Load Balancing with the Per Connection Classifier method and Failover. Load Balancing is a technique used to optimally distribute traffic loads on a network with two or more connections. The method used was the Per Connection Classifier which could group connections. The Failover technique was also applied to the redundancy function. The test scenario would test the distribution of traffic loads, Failover testing, and comparative analysis of QoS with parameters jitter, packet loss, throughput, and delay on the performance of the system with Per Connection Classifier method based on Classifier Both Addresses, Both Ports, and Both Addresses and Ports. The results of the test show that the system is able to distribute the traffic, the system can create redundancy, while for overall QoS testing, Both Addresses gets better performance than other classifiers.

Intisari—Perancangan jaringan yang baik diperlukan untuk menghasilkan jaringan yang optimal karena kebutuhan akses internet yang terus meningkat. Permasalahan yang biasa terjadi adalah terkait ketersediaan jaringan. Solusi untuk meminimalkan permasalahan tersebut yaitu dengan menerapkan *Failover* dan *Load Balancing*. Konsep yang digunakan adalah *Failover* dan *Load Balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC). *Load Balancing* adalah teknik untuk pendistribusian *traffic* dengan dua jalur *gateway* atau lebih sehingga *traffic* dapat berjalan lebih optimal. Metode yang digunakan adalah *Per Connection Classifier* yang dapat mengelompokkan koneksi menjadi beberapa kelompok. Selanjutnya, teknik *Failover* juga diterapkan untuk fungsi *redundancy link*. Selanjutnya dilakukan pengujian pendistribusian beban *traffic*, pengujian *Failover* dan analisis perbandingan QoS dengan parameter *jitter*, *packet loss*, *throughput*, dan *delay* terhadap kinerja *Load Balancing* metode PCC berdasarkan *Classifier Both Addresses*, *Both Ports*, dan *Both Addresses and Ports*. Hasil menunjukkan bahwa sistem dapat mendistribusikan beban *traffic* dan dapat memberikan fungsi *redundancy*, sedangkan untuk pengujian QoS secara keseluruhan, *Classifier Both Addresses* mendapatkan hasil kinerja yang lebih bagus dibandingkan *classifier* lainnya.

Kata Kunci— *Failover*, *Load Balancing*, *Per Connection Classifier*, QoS.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan informasi data saat ini sangatlah penting, bersamaan dengan perkembangan teknologi informasi serta komunikasi data yang semakin canggih. Adanya peningkatan yang cepat ini menyebabkan penggunaan internet juga meningkat dengan sangat pesat. Berdasarkan survei yang dilakukan APJII, pada tahun 2017 persentase pengguna internet di Indonesia kurang lebih 54% [1], kemudian pada tahun 2018 persentase pengguna internet sudah berada di angka 64% [2]. Data hasil survei yang sudah dikumpulkan, untuk tahun 2017, total pengguna internet mencapai angka 143 juta dari 262 total penduduk Indonesia, lalu pada tahun 2018 terjadi peningkatan yang sangat pesat, yaitu mencapai angka 171 juta dari 246 juta total penduduk Indonesia. Perkembangan pengguna internet tersebut dapat dibilang cukup pesat. Survei yang sudah pernah dilakukan menunjukkan bahwa untuk saat ini dan masa akan datang, pengguna internet pasti akan selalu mengalami peningkatan, sehingga sangat diperlukan akses internet yang optimal untuk memberikan pelayanan terhadap para pengguna internet saat ini. Oleh sebab itu, sangat diperlukan perancangan jaringan yang andal, tepat, dan efektif agar menghasilkan hasil yang optimal untuk kebutuhan para pengguna internet.

Permasalahan yang biasa terjadi adalah terkait ketersediaan jaringan, seperti koneksi terputus dan *overload*. Solusi untuk meminimalkan permasalahan tersebut yaitu dengan menerapkan *Failover* dan *Load Balancing*. Konsep yang digunakan adalah *Failover* dan *Load Balancing* metode *Per Connection Classifier* (PCC). *Load Balancing* adalah teknik yang berfungsi mendistribusikan beban *traffic* yang lebih optimal pada suatu jaringan internet dengan dua jalur *gateway* atau lebih, agar *traffic* dapat berjalan lebih optimal [3]. Metode yang digunakan dalam sistem ini adalah metode PCC, karena metode ini dapat membuat kelompok dari setiap koneksi aktif yang masuk menjadi beberapa kelompok koneksi [4]. Pada konsep PCC ini terdapat beberapa *classifier* yang dapat ditentukan, antara lain *Source Address*, *Destination Address*, *Source Port*, *Destination Port*, *Both Addresses*, *Both Port*, dan *Both Addressess and Port*. Masing-masing *classifier* ini memiliki sistem kerja yang berbeda-beda karena penentuan *classifier* ini tergantung pada kebutuhan pihak administrator. Namun, belum ada penelitian tentang kinerja masing-masing *classifier* tersebut. Pada makalah ini dianalisis kualitas *Load Balancing* PCC dengan menggunakan beberapa *classifier* yang berbeda. *Classifier* yang digunakan ada tiga, yaitu *Both Addresses* (BA), *Both Ports* (BP), dan *Both Addresses and Ports* (BAP). Beberapa *classifier* tersebut dipilih agar dapat

^{1,2} Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Jl. Yacarana Sekip IV, Yogyakarta, 55281 INDONESIA (telp: (0274) 6491302, 5611; fax: (0274) 542908; e-mail: ¹farisagil98@mail.ugm.ac.id; ²alif@ugm.ac.id)

diketahui cara metode *Load Balancing* PCC ini bekerja dengan menggunakan pasangan atau kombinasi tiap *classifier* ini. Dari beberapa *classifier* yang sudah ditentukan, diharapkan dapat diketahui kinerja masing-masing *classifier*. Selain itu, diterapkan juga sebuah teknik *Failover* untuk fungsi *redundancy link* [5].

Makalah ini mengimplementasikan *Load Balancing* PCC berdasarkan *Classifier* BA, BP, dan BAP serta dikombinasikan dengan teknik *Failover* pada *Multiple Gateway Internet Networks* atau menggunakan lebih dari satu jalur koneksi internet. Penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja jaringan. Kemudian, analisis QoS juga dilakukan untuk menganalisis kinerja jaringan [6] dari penerapan sistem ini dengan beberapa skenario yang telah ditentukan serta untuk dapat mengetahui perbandingan kinerja masing-masing *classifier* yang digunakan.

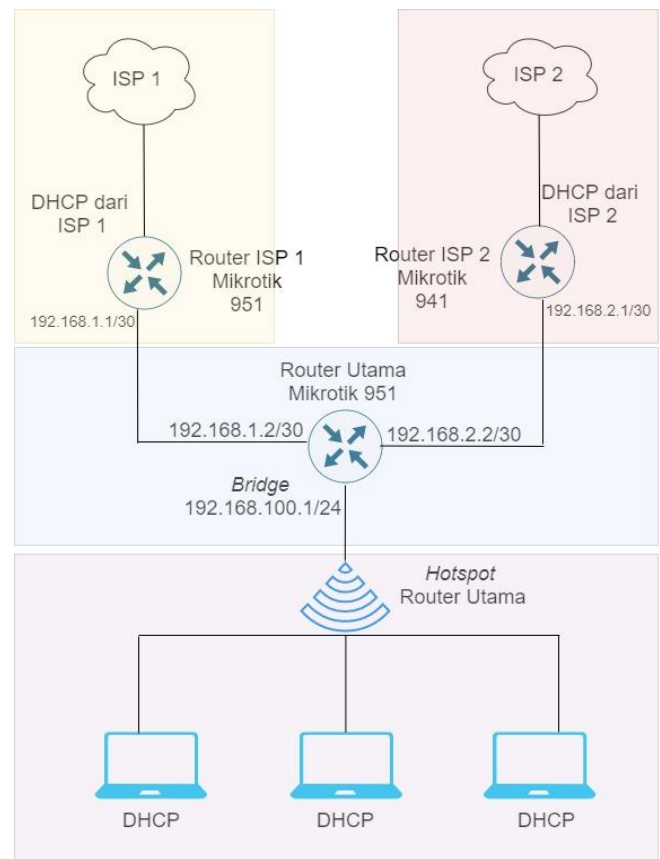
II. PERANCANGAN

A. Desain Topologi

Pada makalah ini dilakukan perancangan topologi sesuai dengan kebutuhan. Sistem ini menggunakan dua sumber internet dari jaringan seluler yang berbeda dengan menggunakan *smartphone* melalui layanan *hotspot* seluler. Kemudian, setiap koneksi dihubungkan dengan sebuah *router* Mikrotik yang berbeda tipenya, tetapi secara garis besar memiliki tujuan dan fungsi yang sama. Untuk *Internet Service Provider* (ISP) 1, digunakan *router* Mikrotik RB951Ui-2ND yang dihubungkan ke jaringan ISP 1, sedangkan untuk ISP 2 digunakan *router* Mikrotik RB941-2nD-TC HAP Lite yang dihubungkan ke jaringan ISP 2. Masing-masing *router* ini terhubung menggunakan jaringan *wireless* dengan *router* bertindak sebagai *wireless station* yang akan menerima koneksi dari *hotspot smartphone* sesuai dengan masing-masing sumber. Kemudian, untuk IP Address, masing-masing *router* juga mendapatkan alamat DHCP dari sumber internet. Pada saat kedua *router* ini sudah terjalin koneksi dari masing-masing ISP, kedua *router* memberikan koneksi kepada *router* utama. Ada dua sumber internet yang dihubungkan dalam satu *router*, yaitu dengan menggunakan *router* RB951Ui-2ND. Konfigurasi *Failover* dan *Load* PCC dengan beberapa *classifier* yang berbeda dikonfigurasi pada *router* utama. *Classifier* yang diterapkan adalah BA, BP, dan BAP. Kemudian, untuk jaringan *client* dibuatkan sebuah akses menggunakan jaringan *wireless* dari *router* utama untuk dibagikan ke para *client*. *Client* yang digunakan berjumlah tiga buah, dengan menggunakan laptop. Topologi sistem ini ditunjukkan pada Gbr. 1.

B. Cara Kerja Sistem

Proses *Load Balancing* metode PCC dimulai dari sebuah *client* yang sudah terhubung ke jaringan yang kemudian melakukan aktivitas internet dengan membuat sebuah koneksi ke internet. Lalu, pada saat *client* melakukan proses koneksi, *Load Balancing* PCC melakukan proses algoritma *hashing* untuk menentukan jalur koneksi tersebut akan diarahkan [7]. Dari proses algoritma *hashing* ini dihasilkan nilai 0 atau nilai 1. Jika nilai yang dihasilkan adalah 0, secara otomatis koneksi akan ditandai sebagai koneksi ISP 1, sedangkan jika nilai yang



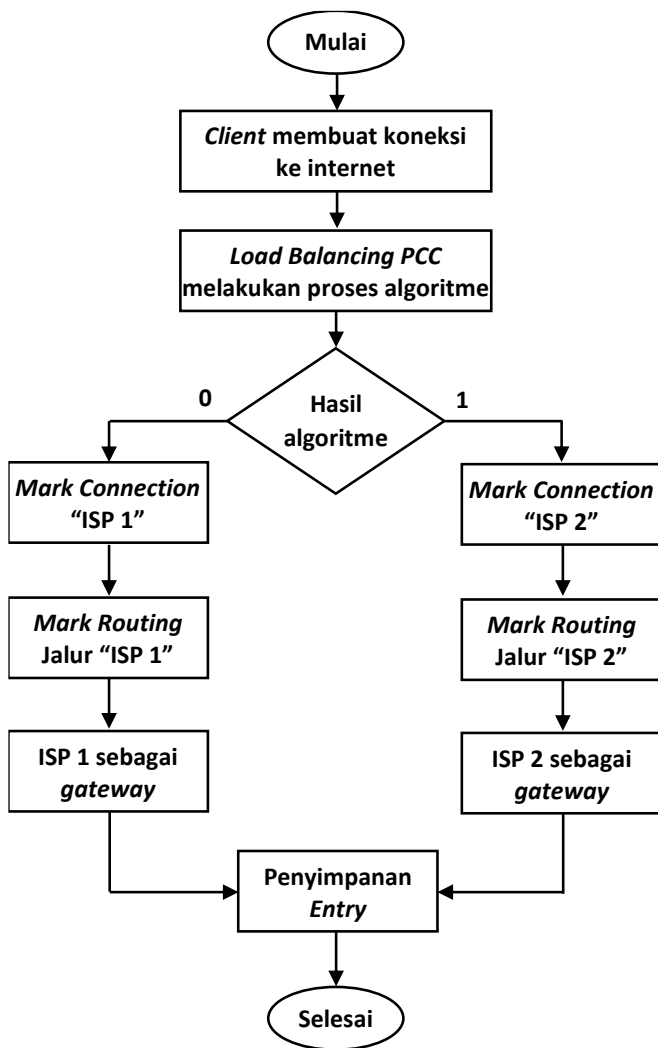
Gbr. 1 Topologi sistem.

dihasilkan adalah 1, secara otomatis koneksi akan ditandai sebagai koneksi ISP 2. Setelah itu, hasil penandaan koneksi ISP 1 dan ISP 2 akan diteruskan dengan melakukan proses *mark routing* sesuai dengan penandaan masing-masing. Jika koneksi mempunyai label penandaan ISP 1, proses dilanjutkan dengan penandaan *mark routing* ke ISP 1, sedangkan jika koneksi mempunyai label penandaan ISP 2, proses dilanjutkan dengan penandaan *mark routing* ke ISP 2. Kemudian, dilakukan penentuan *gateway* atau jalur koneksi sesuai dengan penandaan masing-masing. Pada langkah selanjutnya akan ada proses penyimpanan *entry* dari hasil tadi dengan tujuan jika koneksi yang sama melakukan proses permintaan lagi akan dilewatkan pada jalur koneksi yang sama. Diagram alir proses koneksi yang dibuat pada *Load Balancing* PCC ditunjukkan pada Gbr. 2.

Tahapan *Failover* ditunjukkan pada Gbr. 3. *Failover* berfungsi untuk memberikan koneksi cadangan pada sebuah jaringan jika terjadi salah satu jalur *gateway* mengalami putus. [8]. *Failover* menggunakan proses pengecekan *gateway* dengan mengirimkan paket ICMP ke alamat yang sudah ditentukan sebagai *gateway*. Dengan proses tersebut maka jika ada salah satu koneksi mengalami putus koneksi maka akan secara otomatis jalur koneksi akan dipindah ke jalur yang masih aktif [9].

C. Skenario Pengujian

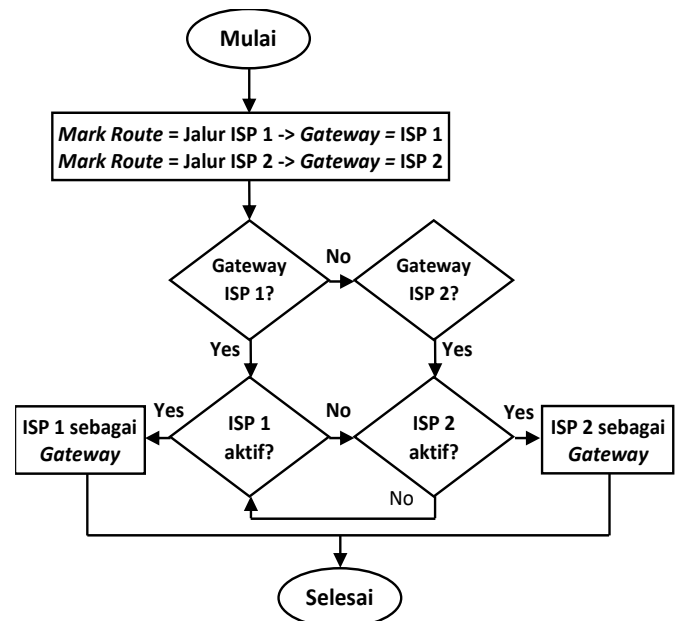
1) *Pengujian Pembagian Beban Traffic Internet*: Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui pendistribusian beban



Gbr. 2 Tahapan Load Balancing PCC.

traffic setelah adanya implementasi Load Balancing. Skenario ini membandingkan hasil pendistribusian dari beberapa classifier yang sudah ditentukan. Pada pengujian ini dilakukan skenario berupa aktivitas browsing ke beberapa website yang telah ditentukan dengan menggunakan beberapa skenario, yaitu menggunakan Sistem Load Balancing PCC dengan BA, BP, dan BAP. Website yang dikunjungi bervariasi dan setiap client mengunjungi website yang berbeda, dengan masing-masing mengunjungi lima website di setiap skenarionya. Hasil dari skenario ini adalah pembagian beban traffic jaringan dari setiap pengujian browsing ke alamat website yang telah ditentukan. Nantinya, dari hasil pendistribusian tersebut akan terlihat pembagian dari setiap jalur koneksi jaringan. Kemudian, setiap skenario yang sudah ditentukan akan dibandingkan.

2) Pengujian Failover: Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui Failover berhasil atau tidak dalam membuat koneksi cadangan ketika salah satu jalur gateway dinonaktifkan. Pengujian Failover ini dilakukan dengan tiga skenario, yaitu ping, download, dan streaming. Kemudian, akan dianalisis besar packet loss saat salah satu koneksi internet dinonaktifkan serta kondisi jaringan ketika salah satu koneksi



Gbr. 3 Tahapan Failover.

dimatikan. Skenarionya adalah pemutusan koneksi pada saat proses ping, download, dan streaming.

3) Pengujian QoS: Tujuan pengujian ini adalah mengetahui QoS sistem yang sudah dibuat, yaitu Load Balancing metode PCC dan teknik Failover dengan beberapa classifier yang berbeda, yaitu BA, BP, dan BAP. Dalam pengujian ini, masing-masing ada lima skenario yang berbeda dengan variasi jumlah client yang berbeda juga. Pengujian dilakukan dengan melakukan proses download dan upload. Setiap pengujian atau skenario dilakukan sebanyak sepuluh kali. Menurut standar versi TIPHON, suatu layanan dapat dikatakan layak jika memenuhi standar nilai parameter yang telah ditentukan [10]. Standar parameter QoS untuk layanan pada jaringan komputer terbagi menjadi empat, yaitu delay, throughput, packet loss, dan jitter, seperti yang ditunjukkan pada Tabel I sampai Tabel IV.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Perbandingan Pendistribusian Beban Traffic

Pada bagian ini dianalisis perbandingan pendistribusian beban traffic sLoad Balancing PCC dengan beberapa classifier yang berbeda, yaitu BA, BP, dan BAP. Setelah melakukan skenario pengujian pendistribusian beban traffic dengan menggunakan sistem Load Balancing PCC dengan beberapa classifier yang berbeda, didapatkan hasil pembagian jalur koneksi yang digunakan untuk melakukan aktivitas browsing ke masing-masing website yang telah ditentukan. Hasil tersebut berisi informasi terkait proses aktivitas browsing, yang berupa Source Address, Destination Address, Source Port, dan Destination Port. Dari analisis perbandingan ini diharapkan dapat mengetahui secara keseluruhan pembagian atau pendistribusian beban traffic dari masing-masing classifier sesuai dengan skenario yang telah diujicobakan.

TABEL I
STANDAR KATEGORI DELAY

Kategori Latency	Delay
Sangat Bagus	< 150 ms
Bagus	150 ms – 300 ms
Sedang	300 ms – 450 ms
Buruk	> 450 ms

TABEL II
STANDAR KATEGORI THROUGHPUT

Kategori Throughput	Throughput
Sangat Bagus	> 2,1 Mbps
Bagus	1200 kbps – 2,1 Mbps
Sedang	700 kbps – 1200 kbps
Buruk	338 kbps – 700 kbps
Sangat Buruk	0 kbps – 338 kbps

TABEL III
STANDAR KATEGORI PACKET LOSS

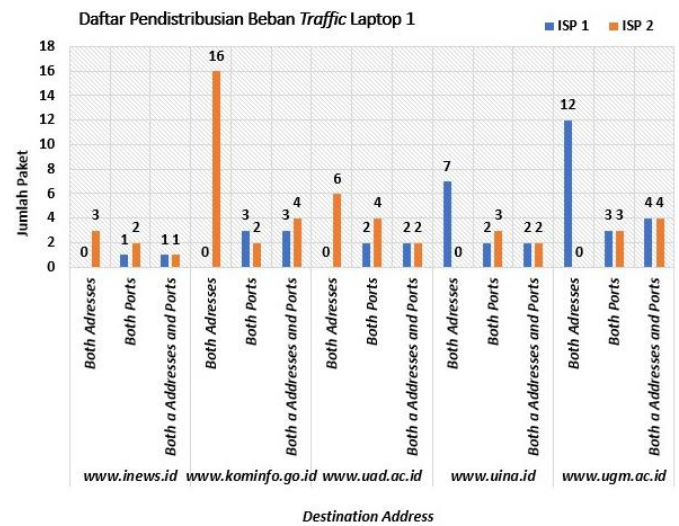
Kategori	Packet Loss
Sangat Bagus	0 – 2%
Bagus	3 – 14%
Sedang	15 – 24%
Buruk	> 25%

TABEL IV
STANDAR KATEGORI JITTER

Kategori	Peak Jitter
Sangat Bagus	0 ms
Bagus	1 ms – 75 ms
Sedang	76 ms – 125 ms
Buruk	> 22 ms

1) *Laptop 1*: Grafik yang ditampilkan pada Gbr. 4 menunjukkan perbandingan *traffic* pada saat dilakukan *browsing* ke lima *website* yang berbeda dengan menggunakan *classifier* yang berbeda pada *client* Laptop 1. Secara keseluruhan, pada saat dilakukan *browsing* ke satu alamat *website* menggunakan *Classifier* BA, tidak ada variasi jalur koneksi karena BA hanya menggunakan *field header Source Address* dan *Destination Address* untuk penentuan jalur koneksinya [11]. Hal ini berbeda dengan BP dan BAP, yang ketika dilakukan *browsing* ke satu *website* terdapat variasi jalur koneksi. Karena *classifier* ini menggunakan *field header* yang bervariasi [12], secara otomatis variasi jalur koneksi juga akan banyak: pada saat mengunjungi satu *website* saja, dapat menggunakan jalur koneksi ISP 1 dan juga bisa menggunakan jalur koneksi ISP 2. Namun, secara keseluruhan dari lima *website* yang sudah diujicobakan, semua *classifier* yang digunakan dalam pengujian ini sudah sesuai dengan fungsi *Load Balancing* karena sudah mampu mengoptimalkan ISP 1 dan ISP 2 untuk bekerja secara efektif dan mampu mendistribusikan beban *traffic* yang lebih optimal.

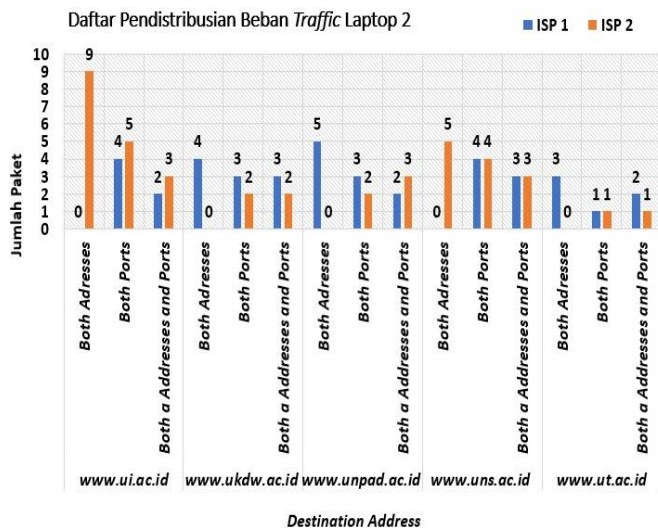
2) *Laptop 2*: Grafik yang ditunjukkan pada Gbr. 5 menampilkan perbandingan beban *traffic* pada saat dilakukan *browsing* ke lima *website* yang berbeda dengan menggunakan



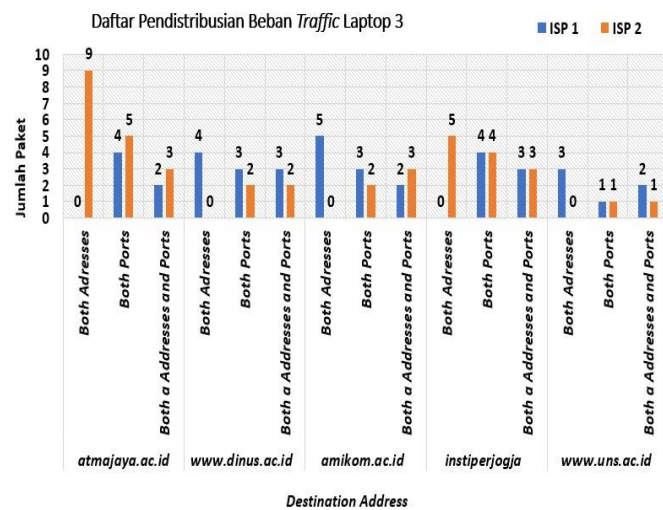
Gbr. 4 Pendistribusian beban *traffic* Laptop 1.

classifier yang berbeda pada *Client* Laptop 2. Secara keseluruhan, pada saat dilakukan *browsing* ke satu alamat *website* menggunakan *Classifier* BA, tidak ada variasi jalur koneksi karena BA hanya menggunakan *field header Source Address* dan *Destination Address* untuk penentuan jalur koneksinya. Hal ini berbeda dengan BP dan BAP, yang ketika dilakukan *browsing* ke satu *website* terdapat variasi jalur koneksi. Karena *classifier* ini menggunakan *field header* yang bervariasi, secara otomatis variasi jalur koneksi juga akan banyak, yaitu pada saat mengunjungi satu *website* saja bisa digunakan jalur koneksi ISP 1 dan juga bisa digunakan jalur koneksi ISP 2. Namun, secara keseluruhan dari lima *website* yang sudah diujicobakan, semua *classifier* yang digunakan untuk pengujian ini sudah sesuai dengan fungsi *Load Balancing* karena sudah mampu mengoptimalkan ISP 1 dan ISP 2 untuk bekerja secara efektif dan mampu mendistribusikan beban *traffic* yang lebih optimal.

3) *Laptop 3*: Grafik yang ditunjukkan pada Gbr. 6 menampilkan perbandingan *traffic* pada saat dilakukan *browsing* ke lima *website* yang berbeda dengan menggunakan *classifier* yang berbeda pada *Client* Laptop 3. Secara keseluruhan, pada saat dilakukan *browsing* ke satu alamat *website* menggunakan *Classifier* BA, tidak ada variasi jalur koneksi, karena BA hanya menggunakan *field header Source Address* dan *Destination Address* untuk penentuan jalur koneksinya. Ini berbeda dengan BP dan BAP, yang ketika melakukan *browsing* ke satu *website* terdapat variasi jalur koneksi. Karena *classifier* ini menggunakan *field header* yang bervariasi, secara otomatis variasi jalur koneksi juga banyak, yaitu pada saat mengunjungi satu *website* saja bisa digunakan jalur koneksi ISP 1 dan juga bisa digunakan jalur koneksi ISP 2. Namun, secara keseluruhan dari lima *website* yang sudah diujicobakan, semua *classifier* yang digunakan untuk pengujian ini sudah sesuai dengan fungsi *Load Balancing* karena sudah mampu mengoptimalkan ISP 1 dan ISP 2 untuk bekerja secara efektif dan mampu untuk mendistribusikan beban *traffic* yang lebih optimal.



Gbr. 5 Pendistribusian beban traffic Laptop 2.

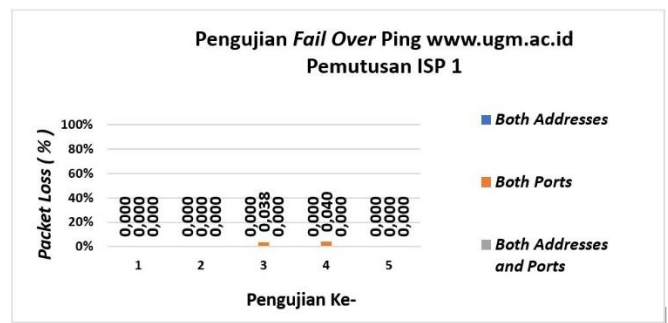


Gbr. 6 Pendistribusian beban traffic Laptop 3.

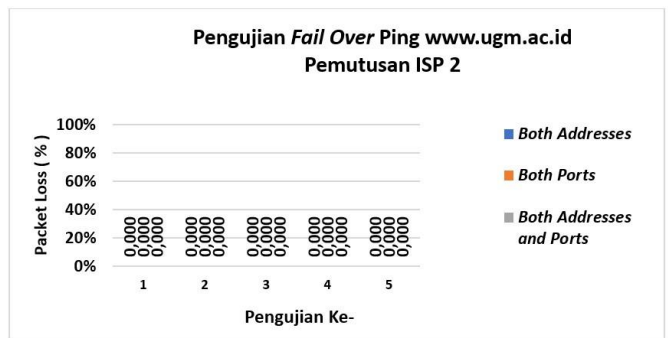
B. Analisis Perbandingan Failover

Pada pembahasan ini dianalisis hasil dari skenario pengujian setelah adanya implementasi *Failover* dengan sistem *Load Balancing PCC* yang berbeda, yaitu dengan menggunakan *Classifier BA, BP, dan BAP*. Ada tiga jenis pengujian *Failover* yang dilakukan, yaitu pengujian *ping, download, dan streaming*. Ketiganya memiliki skenario dan variasi yang berbeda-beda. Pada pengujian *ping*, dilakukan *ping* menuju *website www.ugm.ac.id*. Pengujian berikutnya adalah pengujian dengan melakukan aktivitas *streaming video*, kemudian yang terakhir adalah pengujian *download* sebuah *file video*. Dalam semua pengujian, pada pertengahan proses akan dilakukan pemutusan jalur koneksi ISP 1 dan ISP 2 dan pengujian juga dilakukan ke semua *classifier* yang sudah ditentukan. Dari semua pengujian ini dihasilkan nilai *packet loss* serta kondisi setelah dilakukannya pemutusan jalur koneksi ke internet.

1) *Failover Ping*: Pengujian *ping* ke *www.ugm.ac.id* dengan sistem *Load Balancing PCC* yang berbeda, yaitu menggunakan



Gbr. 7 Grafik failover ping website UGM pemutusan ISP 1.

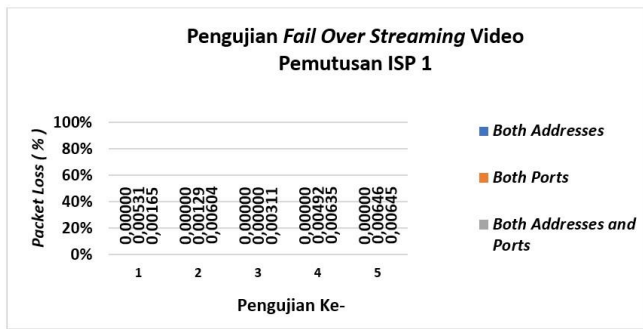


Gbr. 8 Grafik failover ping website UGM pemutusan ISP 2.

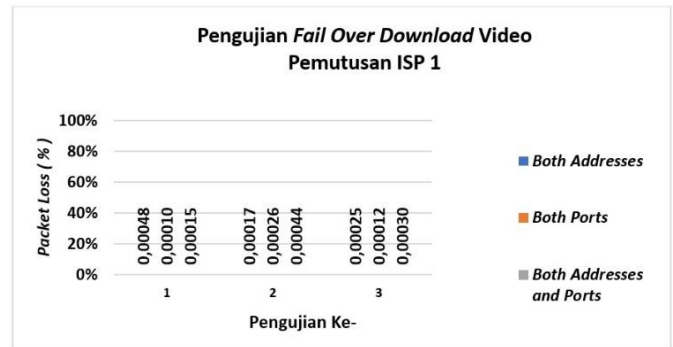
Classifier BA, BP, dan BAP, mendapatkan hasil yang sudah ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik yang ditampilkan pada Gbr. 7 menunjukkan hasil dari lima kali percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 1. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk BA, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0% ; untuk BP, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,016% ; sedangkan untuk BAP, dari lima kali percobaan didapatkan hasil rata-rata 0%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh semua *classifier* yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Namun, untuk pengujian ini *Classifier BA dan BAP* memiliki hasil yang lebih baik daripada *Classifier BP*.

Grafik pada Gbr. 8 menunjukkan hasil dari lima kali percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 2. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan, didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk BA, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0% ; untuk BP, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0% ; sedangkan untuk BAP, dari lima kali percobaan didapatkan hasil rata-rata *packet loss* 0%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh semua *classifier* yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Pada pengujian ini, *Classifier BA, BP dan BAP* memiliki hasil yang sama satu sama lain.

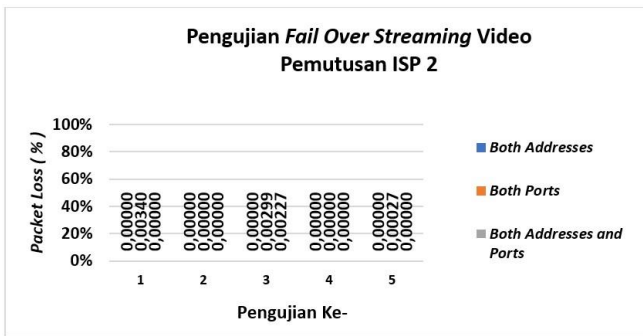
2) *Failover Streaming*: Dari pengujian *streaming* dengan sistem *Load Balancing PCC* yang berbeda, yaitu dengan menggunakan *Classifier BA, BP, dan BAP*, didapatkan hasil yang sudah ditampilkan dalam bentuk grafik. Gbr. 9 menunjukkan grafik hasil dari lima kali percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 1. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan, didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk BA, dari lima kali



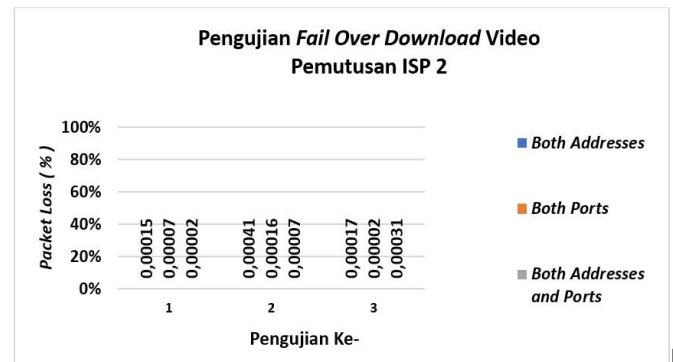
Gbr. 9 Grafik failover streaming pemutusan ISP 1.



Gbr. 11 Grafik failover download pemutusan ISP 1.



Gbr. 10 Grafik failover streaming pemutusan ISP 2.



Gbr. 12 Grafik failover download pemutusan ISP 2.

percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0%; untuk BP, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,00359%; sedangkan untuk BAP, dari lima kali percobaan didapatkan hasil rata-rata 0,00472%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh semua *classifier* yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Namun, pada pengujian ini, *Classifier* BA memiliki hasil yang paling baik, diikuti *Classifier* BAP dan *Classifier* BP.

Grafik pada Gbr. 10 menunjukkan hasil dari lima kali percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 2. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan, didapatkan hasil bervariasi. Untuk BA, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0%; untuk BP, dari lima kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,01%; sedangkan untuk BAP, dari lima kali percobaan didapatkan hasil rata-rata 0%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan semua *classifier* yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Dalam pengujian ini, *Classifier* BA dan *Classifier* BAP memiliki hasil yang lebih baik daripada BP.

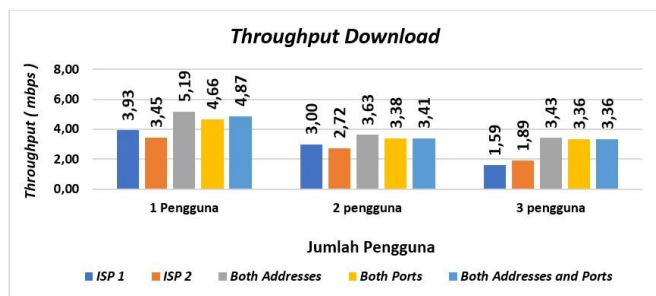
3) *Failover Download*: Dari pengujian *download* dengan sistem *Load Balancing* PCC yang menggunakan *classifier* berbeda, yaitu dengan menggunakan *Classifier* BA, BP, dan BAP, didapatkan hasil yang sudah ditampilkan dalam bentuk grafik. Grafik pada Gbr. 11 menunjukkan hasil dari tiga percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 1. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan, didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk BA, dari tiga kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,0003%; untuk BP, dari tiga kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,00016%; sedangkan untuk BAP, dari tiga kali percobaan didapatkan hasil rata-rata 0,0003%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh semua

classifier yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Namun, untuk pengujian ini *Classifier* BP memiliki hasil yang lebih baik daripada *Classifier* BA dan BAP.

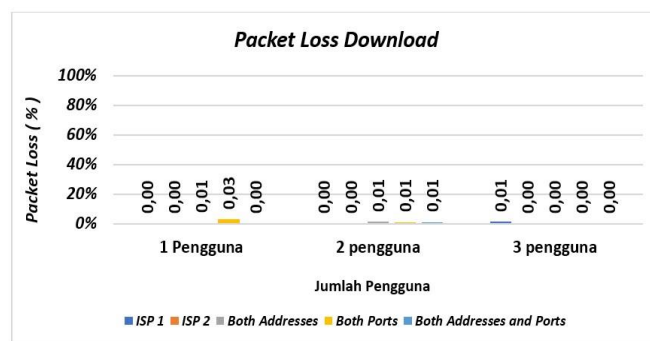
Dari grafik yang ditampilkan pada Gbr. 12 tampak hasil dari tiga kali percobaan pada saat terjadi pemutusan ISP 2. Dari tiga *classifier* yang diujicobakan, didapatkan hasil yang bervariasi. Untuk BA, dari tiga kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,00024%; untuk BP, dari tiga kali percobaan didapatkan rata-rata nilai *packet loss* 0,00008%; sedangkan untuk BAP, dari tiga kali percobaan didapatkan hasil rata-rata 0,00013%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh semua *classifier* yang diujicobakan termasuk dalam kategori sangat bagus. Namun, untuk pengujian ini *Classifier* BP memiliki hasil yang paling baik, diikuti oleh *Classifier* BAP dan *Classifier* BA.

C. Analisis Perbandingan QoS

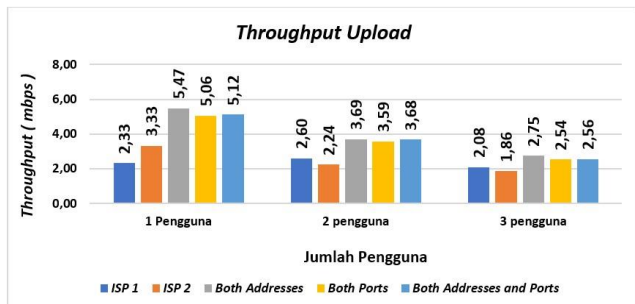
1) *Throughput*: Hasil dari pengujian QoS dengan parameter *throughput* dengan menggunakan jaringan sebelum penerapan *Load Balancing* dan *Failover*, yaitu dengan ISP 1 saja dan ISP 2 saja, dan menggunakan jaringan setelah penerapan sistem *Load Balancing* PCC yang berbeda, yaitu dengan menggunakan *Classifier* BA, BP, dan BAP ditampilkan dalam bentuk grafik. Perlu diketahui bahwa semakin besar atau tinggi nilai *throughput*, semakin baik kualitas jaringan tersebut. Grafik pada Gbr. 13 menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *throughput* yang lebih bagus dibandingkan dengan sebelum adanya penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2) pada saat pengujian *download*. Untuk variasi satu



Gbr. 13 Grafik pengujian QoS throughput download.



Gbr. 15 Grafik pengujian QoS packet loss download.



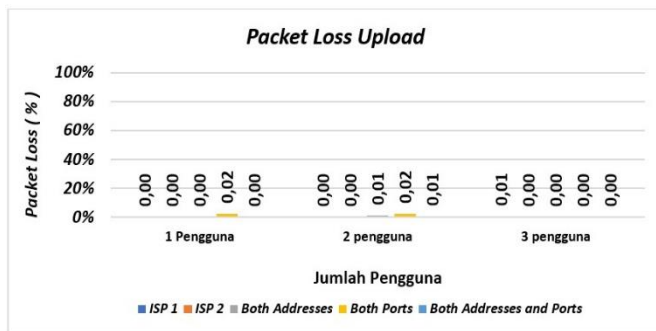
Gbr. 14 Grafik pengujian QoS throughput upload.

pengguna, Classifier BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 5,19 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 4,87 Mbps; lalu Classifier BP dengan nilai rata-rata 4,66 Mbps; berikutnya adalah ISP 1 dengan nilai rata-rata 3,93 Mbps; dan yang terakhir ISP 2 dengan nilai rata-rata 3,45 Mbps. Untuk variasi dua pengguna, Classifier BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 3,63 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 3,41 Mbps; Classifier BP dengan nilai rata-rata 3,38 Mbps; lalu ISP 1 dengan nilai rata-rata 3,00 Mbps; dan yang terakhir ISP 2 dengan nilai rata-rata 2,72 Mbps. Untuk variasi tiga pengguna, Classifier BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 3,43 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 3,36 Mbps; lalu Classifier BP dengan nilai rata-rata 3,36 Mbps; selanjutnya ISP 2 dengan nilai rata-rata 1,89 Mbps; dan yang terakhir ISP 1 yang memiliki nilai rata-rata 1,59 Mbps. Nilai throughput yang dihasilkan oleh sistem Load Balancing PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus, sedangkan ISP 1 dan ISP 2 dari percobaan variasi satu pengguna dan dua pengguna memiliki nilai throughput yang termasuk dalam kategori sangat bagus, tetapi variasi tiga pengguna memiliki nilai throughput yang termasuk dalam standar kategori bagus.

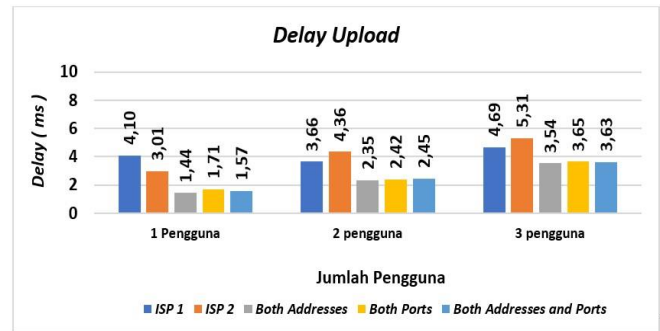
Grafik yang ditampilkan pada Gbr. 14 menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan Load Balancing PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai throughput yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum penerapan sistem Load Balancing (ISP 1 dan ISP 2) pada saat pengujian upload. Untuk variasi satu pengguna, Classifier BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 5,47 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 5,12 Mbps; Classifier BP dengan nilai rata-rata 5,06 Mbps; lalu ISP 2 dengan nilai rata-rata 3,33 Mbps; dan yang terakhir ISP 2 yang memiliki nilai rata-rata 2,33 Mbps. Untuk variasi dua pengguna, Classifier BA

menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 3,69 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 3,68 Mbps; Classifier BP dengan nilai rata-rata 3,59 Mbps; ISP 1 dengan nilai rata-rata 2,60 Mbps; dan yang terakhir adalah ISP 2 dengan nilai rata-rata 2,24 Mbps. Untuk variasi tiga pengguna, Classifier BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 2,75 Mbps; kemudian Classifier BAP dengan nilai rata-rata 2,56 Mbps; Classifier BP dengan nilai rata-rata 2,54 Mbps; ISP 1 dengan nilai rata-rata 2,08 Mbps; dan yang terakhir adalah ISP 2 yang memiliki nilai rata-rata 1,86 Mbps. Nilai throughput yang dihasilkan oleh sistem Load Balancing PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus. Sementara itu, ISP 1 dan ISP 2 dari percobaan variasi satu pengguna dan dua pengguna memiliki nilai throughput yang termasuk dalam kategori sangat bagus, tetapi variasi tiga pengguna memiliki nilai throughput yang termasuk dalam standar kategori bagus.

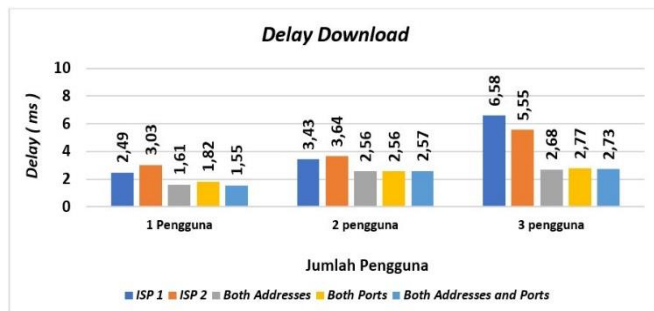
2) Packet Loss: Pengujian QoS dengan parameter packet loss dengan menggunakan jaringan sebelum penerapan Load Balancing dan Failover, yaitu dengan ISP 1 saja dan ISP 2 saja, dan menggunakan jaringan setelah penerapan sistem Load Balancing PCC yang berbeda, yaitu dengan menggunakan Classifier BA, BP, dan BAP, mendapatkan hasil yang ditampilkan dalam bentuk grafik. Perlu diketahui bahwa semakin kecil atau rendah nilai packet loss, semakin baik kualitas jaringan tersebut. Grafik pada Gbr. 15 menunjukkan bahwa semakin banyak varian pengguna, sistem yang menggunakan Load Balancing PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai packet loss yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum penerapan sistem Load Balancing (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, Classifier BAP, ISP 1, dan ISP 2 menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0 %; kemudian Classifier BA dengan nilai rata-rata 0,01%; lalu Classifier BP dengan nilai rata-rata 0,03%. Untuk variasi dua pengguna, ISP 1 dan ISP 2 menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0%; kemudian Classifier BA, Classifier BP, dan Classifier BAP yang memiliki nilai rata-rata sama, yaitu 0%. Untuk variasi tiga pengguna, Classifier BA, Classifier BP, dan Classifier BAP menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0%; kemudian ISP 2 dengan nilai rata-rata 0%; dan yang terakhir ISP 1 dengan nilai rata-rata 0%. Nilai packet loss yang dihasilkan oleh sistem Load Balancing PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus. Sementara itu, ISP 1 dan ISP 2 yang sudah



Gbr. 16 Grafik pengujian QoS packet loss upload.



Gbr. 18 Grafik pengujian QoS delay upload.



Gbr. 17 Grafik pengujian QoS delay download.

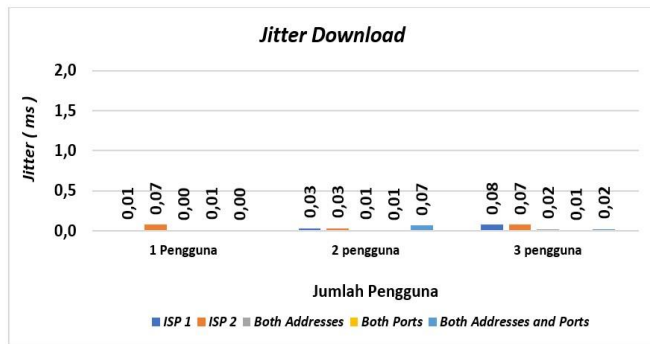
diujicobakan semua juga termasuk dalam standar kategori sangat bagus.

Dari grafik pada Gbr. 16 tampak bahwa semakin banyak varian pengguna, sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *packet loss* yang lebih baik dibandingkan dengan sebelum penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, *Classifier* BA, *Classifier* BAP, ISP 1, dan ISP 2 menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0%; kemudian *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,03%. Untuk variasi dua pengguna, ISP 1 dan ISP 2 menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0%; kemudian *Classifier* BA dan *Classifier* BAP yang memiliki nilai rata-rata sama, yaitu 0,01%; dan *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,02%. Untuk variasi tiga pengguna, *Classifier* BA, *Classifier* BP, dan *Classifier* BAP menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0%; kemudian ISP 2 dengan nilai rata-rata 0%; lalu yang terakhir ISP 1 dengan nilai rata-rata 0,01%. Nilai *packet loss* yang dihasilkan oleh sistem *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus. Sementara itu, ISP 1 dan ISP 2 yang sudah diujicobakan semua juga termasuk dalam standar kategori sangat bagus.

3) *Delay*: Hasil pengujian QoS dengan parameter *delay* menggunakan jaringan sebelum adanya penerapan *Load Balancing* dan *Failover*, yaitu dengan ISP 1 saja dan ISP 2 saja, dan menggunakan jaringan setelah adanya penerapan sistem *Load Balancing* PCC yang berbeda, yaitu menggunakan *Classifier* BA, BP dan BAP, mendapatkan hasil yang sudah ditampilkan dalam bentuk grafik. Perlu diketahui bahwa semakin kecil atau rendah nilai *delay*, semakin baik kualitas jaringan tersebut. Dari grafik pada Gbr. 17, tampak bahwa

sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *delay* yang lebih baik dibandingkan sebelum adanya penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, *Classifier* BAP menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 1,55 ms; kemudian *Classifier* BA, dengan nilai rata-rata 1,61 ms; *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 1,82 ms; ISP 1 dengan nilai rata-rata 2,49 ms; dan yang terakhir adalah ISP 2, yang memiliki nilai rata-rata *delay* 3,03 ms. Untuk variasi dua pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 2,56 ms; kemudian *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 2,56 ms; *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 2,57 ms; lalu ISP 1 dengan nilai rata-rata 3,43 ms, dan yang terakhir adalah ISP 2, yang memiliki nilai rata-rata 3,43 ms. Untuk variasi tiga pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 2,68 ms; kemudian *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 2,73 ms; *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 2,77 ms; ISP 2 dengan nilai rata-rata 5,55 ms; dan yang terakhir adalah ISP 1 dengan nilai rata-rata 6,58 ms. Nilai *delay* yang dihasilkan oleh sistem *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus. Sementara itu, ISP 1 dan ISP 2 yang sudah diujicobakan semua juga termasuk dalam standar kategori sangat bagus.

Grafik pada Gbr. 18 menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *delay* yang lebih baik dibandingkan sebelum adanya penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 1,44 ms; kemudian berikutnya adalah *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 1,57 ms; lalu *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 1,71 ms; ISP 2 dengan nilai rata-rata 3,01 ms; dan yang terakhir adalah ISP 1, yang memiliki nilai rata-rata 4,10 ms. Untuk variasi dua pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 2,35 ms; kemudian *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 2,42 ms; *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 2,45 ms; ISP 1 dengan nilai rata-rata 3,66 ms; dan yang terakhir adalah ISP 2 dengan nilai rata-rata 4,36 ms. Untuk variasi tiga pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 3,54 ms; kemudian disusul *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 3,63 ms; lalu *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 3,65 ms; ISP 1 dengan nilai rata-rata 4,69 ms; dan yang terakhir adalah ISP 2, yang memiliki nilai rata-rata 5,31

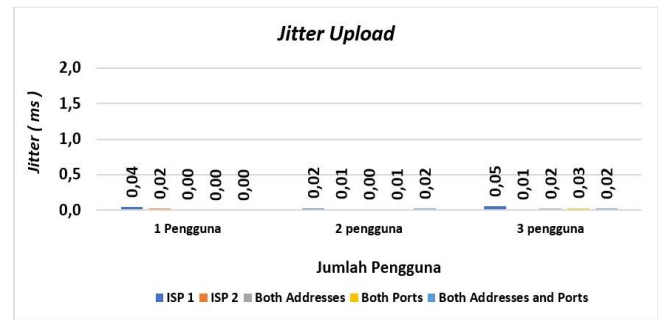


Gbr. 19 Grafik pengujian QoS jitter download.

ms. Nilai *delay* yang dihasilkan oleh sistem *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) yang sudah diujicobakan semua termasuk dalam kategori sangat bagus. Di sisi lain, ISP 1 dan ISP 2 juga termasuk dalam kategori sangat bagus.

4) *Jitter*: Hasil pengujian QoS dengan parameter *jitter* menggunakan jaringan sebelum penerapan *Load Balancing* dan *Failover*, yaitu dengan ISP 1 saja dan ISP 2 saja, dan menggunakan jaringan setelah penerapan sistem *Load Balancing* PCC yang berbeda, yaitu menggunakan *Classifier* BA, BP, dan BAP, mendapatkan hasil yang sudah ditampilkan dalam bentuk grafik. Perlu diketahui bahwa semakin kecil atau rendah nilai *jitter*, semakin baik kualitas jaringan tersebut. Dari grafik yang ditampilkan pada Gbr. 19 tampak bahwa sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *delay* yang lebih baik dibandingkan sebelum adanya penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,00 ms; disusul *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,00 ms; lalu *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,01 ms; ISP 1 dengan nilai rata-rata 0,01 ms; dan yang terakhir adalah ISP 2 memiliki nilai rata-rata 0,07 ms. Untuk variasi dua pengguna, *Classifier* BP menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,01 ms; disusul *Classifier* BA dengan nilai rata-rata 0,01 ms; kemudian ISP 1 dengan nilai rata-rata 0,03 ms; ISP 2 dengan nilai rata-rata 0,03 ms; kemudian *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,07 ms. Untuk variasi tiga pengguna, *Classifier* BP menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,01 ms; kemudian *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,02 ms; *Classifier* BA dengan nilai rata-rata 0,02 ms; ISP 2 dengan nilai rata-rata 0,07 ms; dan ISP 1 yang memiliki nilai rata-rata 0,08 ms. Nilai rata-rata *jitter* yang dihasilkan oleh BA dan BAP pada pengujian variasi satu pengguna termasuk dalam kategori sangat bagus, sedangkan pengujian lainnya memiliki nilai *jitter* yang termasuk dalam standar kategori bagus.

Grafik pada Gbr. 20 menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan *Load Balancing* PCC (BA, BP, dan BAP) menghasilkan nilai *delay* yang lebih baik dibandingkan sebelum adanya penerapan sistem *Load Balancing* (ISP 1 dan ISP 2). Untuk variasi satu pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,00 ms; kemudian *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,00 ms; *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,00 ms; ISP 2 dengan nilai



Gbr. 20 Grafik pengujian QoS jitter upload.

rata-rata 0,02 ms; dan yang terakhir adalah ISP 2 yang memiliki nilai rata-rata 0,04 ms. Untuk variasi dua pengguna, *Classifier* BA menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,00 ms; kemudian berikutnya adalah *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,01 ms; lalu ISP 2 dengan nilai rata-rata 0,01 ms; *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,02 ms; dan ISP 1 dengan nilai rata-rata 0,02 ms. Untuk variasi tiga pengguna, ISP 2 menunjukkan nilai rata-rata yang paling baik, yaitu 0,01 ms; kemudian berikutnya adalah *Classifier* BA dengan nilai rata-rata 0,02 ms; lalu *Classifier* BAP dengan nilai rata-rata 0,02 ms; *Classifier* BP dengan nilai rata-rata 0,03 ms; dan ISP 1 dengan nilai rata-rata 0,05 ms. Nilai rata-rata *jitter* yang dihasilkan oleh BA, BP, dan BAP pada pengujian variasi satu pengguna memiliki nilai *jitter* yang termasuk dalam kategori sangat bagus. Pada saat pengujian variasi dua pengguna, *Classifier* BA memiliki nilai *jitter* yang termasuk dalam kategori sangat bagus. Sementara itu, sisa pengujian lainnya memiliki nilai *jitter* yang termasuk dalam standar kategori bagus.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh serta analisis yang sudah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut. Sistem *Load Balancing* dengan metode PCC dan *Failover* menggunakan *Classifier* BA, BP, dan BAP dapat mendistribusikan beban *traffic* secara optimal dan dapat memberikan fungsi *redundancy link* pada saat salah satu jalur koneksi internet terputus. Kemudian, untuk perbandingan dari beberapa *classifier* yang sudah diuji, *Classifier* BA secara keseluruhan memiliki kinerja yang lebih baik daripada *Classifier* BP dan BAP, berdasarkan pengujian QoS dengan parameter *throughput*, *delay*, *jitter*, dan *packet loss*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penelitian ini, atas bimbingan, petunjuk, dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak, baik yang bersifat moral maupun material, terkhusus kepada keluarga tercinta dan Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada.

REFERENSI

[1] A.W. Irawan, A. Yusufianto, D. Agustina, dan R. Dean, "Laporan Survei Internet APJII 2018-2019," Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, Jakarta, Indonesia, Laporan Survei, 2019.

- [2] R. Dean, D. Agustina, dan A. Yusufianto, "Laporan Survei Internet APJII 2017-2018," Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia, Jakarta, Indonesia, Laporan Survei, 2018.
- [3] A. Mustofa dan D. Ramayanti, "Implementasi Load Balancing dan Fail Over to Device Mikrotik Router Menggunakan Metode NTH," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. (JTIK)*, Vol. 7, No. 1, hal. 139-144, Feb. 2020.
- [4] I.P.Y. Paramarta, G.M. Sasmita, dan S.K. Wibawa, "Analisis dan Optimalisasi Jaringan Menggunakan Metode Per Connection Classifier," *J. Ilmiah Teknol. dan Komput.*, Vol. 1, No. 1, hal. 1-12, Agu. 2020.
- [5] W. Adhiwibowo dan A.R. Irawan, "Implementasi Redundant Link untuk Mengatasi Downtime dengan Metode Failover," *J. Pengemb. Rekayasa dan Teknol.*, Vol. 15, No. 1, hal. 48-53, Jun. 2019.
- [6] A. Budiman, M.F. Duskarnaen, dan H. Ajie, "Analisis Quality of Service (Qos) pada Jaringan Internet SMK 7 Jakarta," *J. Pend. Teknik Inf. dan Komput. (PINTER)*, Vol. 4, No. 2, hal. 1-5, Des. 2020.
- [7] G.T.P. Aji, C. Iswahjudi, dan J. Triyono, "Implementasi Teknik Load Balancing Metode Per Connection Classifier (PCC) dengan Fungsi QUEUE untuk Manajemen Bandwith," *J. Jarkom*, Vol. 5, No. 2, hal. 1-10, Jun. 2018.
- [8] M. Badrul dan Akmaludin, "Implementasi Automatic Failover Menggunakan Router Mikrotik untuk Optimalisasi Jaringan," *J. Pengemb. Riset dan Observ. Sist. Komput.*, Vol. 6, No. 2, hal. 82-87, Sep. 2019.
- [9] D. Novianto dan E. Helmud, "Implementasi Failover dengan Metode Recursive Gateway Berbasis Router Mikrotik pada STMIK Atma Luhur Pangkalpinang," *J. Ilmiah Inf. Global*, Vol. 10, No. 1, hal. 26-31, Jul. 2019.
- [10] P.R. Utami, "Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireles pada Layanan Internet Service Provider (ISP) Indihome dan First Media," *J. Ilmiah Teknol. dan Rekayasa*, Vol. 25, No. 2, hal. 125-137, Agu. 2020.
- [11] A.C. Nurcahyo, E. Utami, dan S. Raharjo, "Analisis Perbandingan Simulasi Load Balance Menggunakan Metode ECMP dan PCC pada Penerapan Kongesti Manajemen Bandwith HTB," *J. Info.Interaktif*, Vol. 4, No. 2, hal. 84-93, Mei 2019.
- [12] Dartono, Usanto, dan D. Irawan, "Penerapan Metode Per Connection Classifier (PCC) pada Perancangan Load Balancing dengan Router Mikrotik," *J. Elektro dan Inf. Swadharma (JEIS)*, Vol. 1, No. 1, hal. 14-20, Jan. 2021.