

Analisis Teknik *Load Balancing* Metode *Per Connection Classifier* (PCC) untuk Pembagian Beban Kerja Server

Joko Iskandar^{1✉}, Bian Dwi Pamungkas²

¹ Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI, Indonesia

² Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 26-08-2022

Direvisi : 29-08-2022

Diterima : 30-08-2022

Kata Kunci:

Load Balancing, Per Connection Classifier, Web Server

Keywords :

Load Balancing, Per Connection Classifier, Web Server

Corresponding Author :

Joko Iskandar

Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Bhinneka PGRI, Indonesia

Jl. Mayor Sujadi Timur No. 7 Tulungagung Kode Pos 66221

Email: joko@ubhi.ac.id

ABSTRAK

Kebutuhan akses internet saat ini sudah menjadi bagian yang diperlukan setiap saat, sehingga perlunya ketersediaan akses internet yang selalu stabil dalam kondisi apapun. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis teknik *load balancing* metode *Per Connection Classifier* (PCC) untuk pembagian beban kerja *web server*. Teknik *load balancing* metode PCC pada penelitian ini dengan membagi *bandwidth* dari *Internet Service Provider* (ISP) yang digunakan secara seimbang menjadi dua jalur untuk *server* utama dan *server backup*. Analisis data untuk memperoleh nilai optimasi teknik *load balancing* dengan parameter *Quality of Service* (QoS) menggunakan *Network Protocol Analyzer* yang terpasang di komputer *client* meliputi nilai *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*. Hasil pengujian menunjukkan setelah menggunakan teknik *load balancing* metode PCC terdapat peningkatan pembagian beban kerja *web server* menghasilkan kategori baik atau bagus untuk semua parameter QoS, yaitu rata-rata *delay* sebesar 176,4808 ms, rata-rata *jitter* sebesar 25,0039 ms, rata-rata *throughput* sebesar 91,1667% dan rata-rata *packet loss* sebesar 1,3333%.

ABSTRACT

The need for internet access has now become a necessary part at all times, so the need for the availability of internet access that is always stable under any conditions. This study aims to analyze the load balancing technique of the Per Connection Classifier (PCC) method for the distribution of web server workloads. The PCC method of load balancing in this study divides the bandwidth from the Internet Service Provider (ISP) used in a balanced way into two lanes for the main server and backup server. Data analysis to obtain the optimization value of load balancing technique with Quality of Service (QoS) parameters using the Network Protocol Analyzer installed on the client computer includes the values of delay, throughput, jitter, and packet loss. The test results show that after using the PCC method of load balancing, there is an increase in the distribution of the web server workload resulting in a good or good category for all QoS parameters, namely an average delay of 176.4808 ms, an average jitter of 25.0039 ms, an average the average throughput is 91.1667% and the average packet loss is 1.3333%.

PENDAHULUAN

Jaringan internet saat ini sudah menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting di dalam menjalankan aktivitas keseharian, terutama bagi mereka yang berada di lingkungan lembaga atau perusahaan, termasuk lembaga pendidikan. Kebutuhan akan akses internet ini diperlukan setiap saat, sehingga perlunya ketersediaan akses internet yang selalu stabil dalam kondisi apapun. Bagi pengelola Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) pada sebuah lembaga atau perusahaan disamping memperhatikan spesifikasi *server* yang tepat, juga memerlukan teknik pengelolaan jaringan internet yang optimal. Tuntutan ini dapat diatasi dengan menggunakan *dedicated bandwidth*. Akan tetapi harga dari *bandwidth* ini tergolong mahal, sehingga perlu alternatif lain yaitu dengan cara membagi *bandwidth* agar pendistribusian beban trafik terbagi secara seimbang (Sumardi, 2019).

Lembaga TIK umumnya mempunyai tugas untuk mengelola pelayanan yang berhubungan dengan sistem. TIK yang dikelola meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). *Software* yang dikelola seperti *web* dan *hardware* yang dikelola meliputi perangkat jaringan, *personal computer*, proyektor, dan alat-alat elektronik lainnya. Untuk meningkatkan performa *server* berbagai cara dilakukan diantaranya dengan mengganti *hardisk server* yang rusak, menambah *server backup* dan *Uninterruptible Power Supply* (UPS) dengan baterainya. Namun, hal tersebut tidak dapat mengatasi ketika terjadi *high traffic* mengakibatkan *server* mengalami *down*. Pada situasi ketika banyak *client* yang mengakses *server* pada waktu yang bersamaan, respon *server* akan melambat yang pada akhirnya mengakibatkan *web server* tidak dapat diakses oleh *client*. Oleh karena itu maka perlu suatu cara atau teknik untuk mengatasi beban kerja *web server* terutama pada saat *high traffic* yaitu dengan *load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier* (PCC).

Load balancing adalah teknik yang digunakan untuk mengoptimalkan jaringan dengan membagi beban *web server*. Agar *traffic* berjalan dengan optimal, teknik ini mendistribusikan beban *traffic* pada dua jalur koneksi secara seimbang (Satiarini, 2020). *Load balancing* saat ini banyak digunakan oleh lembaga atau perusahaan baik di Indonesia maupun di dunia. Teknik distribusi komputasi dengan *load balancing* merupakan suatu teknik dengan cara pembagian beban ke beberapa jalur (*link*). Teknik *load balancing* dibagi menjadi beberapa metode yaitu metode *static route* menggunakan *Nth*, *address list*, *Equal Cost Multi Path* (ECMP), *fail over*, dan metode *Per Connection Classifier* atau yang dikenal dengan sebutan PCC (Octavriana dkk., 2021).

Pemilihan metode disesuaikan dengan kemampuan infrastruktur yang dimiliki oleh lembaga atau perusahaan. Metode PCC merupakan suatu metode dengan cara membagikan paket ke beberapa *gateway* koneksi sehingga beban dapat didistribusikan dengan baik melalui jalur-jalur yang dikelola. Pengelompokan ini dapat dipisahkan berdasarkan *dst-address*, *src-address*, *src-port*, ataupun *dst-port* (Utomo & Sarwono, 2020). Untuk meningkatkan kerja *router* menjadi handal pada metode ini diperlukan perangkat Mikrotik. Mikrotik sebagai sistem operasi berupa *software* yang berfungsi menjadikan komputer menjadi *router* jaringan, sehingga memudahkan dalam pengelolaan atau pengaturan trafik. Mikrotik akan mengingat jalur *gateway* yang dilewati pada awal trafik koneksi sehingga paket data selanjutnya yang masih terkait dengan paket data sebelumnya akan dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama (Safrianti, 2021).

Load balancing dengan metode PCC dapat meningkatkan lalu lintas trafik jaringan dapat berjalan secara optimal, sehingga server mampu merespon dengan cepat permintaan dari *user* (Mahmud, 2019). Metode PCC akan membagi dan mendistribusikan trafik dari koneksi melalui sebuah *router* menjadi beberapa paket yang dapat dikirimkan ke *gateway* yang ditentukan, sehingga *router* akan menetapkan jalur *gateway* yang dilewati di awal trafik koneksi untuk dikirimkan ke paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awalnya (Aji dkk., 2019).

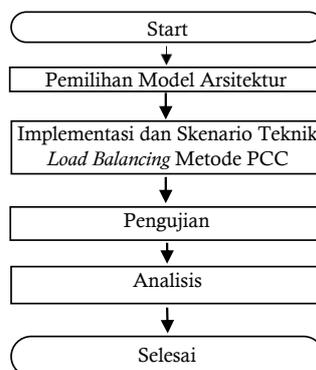
Teknik *load balancing* ini sudah banyak diimplementasikan dan diteliti, namun belum mendapatkan model yang tepat dan mampu memberikan kepastian terhadap kinerja beban

sebuah server yang dapat mengatasi ketika *traffic user* meningkat dari biasanya. Penggunaan *load balancing* ini telah terbukti mampu menurunkan waktu respon serta dapat meningkatkan *throughput* sehingga mampu meningkatkan kinerja dari keseluruhan sistem. Tingkat ketersediaan *web server* bisa tetap terjaga dengan penggunaan *load balancing*, ketika salah satu server tidak dapat melayani permintaan pengguna (*server down*), maka secara otomatis *server* yang lain langsung menggantikannya, sehingga pengguna seakan-akan tidak mengetahui bahwa *server* tersebut *down* (Komaruddin dkk., 2019). Penelitian Octaviana, dkk., menggunakan pengukuran optimalisasi server memakai parameter *Quality of Service (QoS)* yaitu *Throughput*, *Jitter*, *Delay*, dan *Packet Loss* yang diambil nilai rata-ratanya menggunakan pengukuran sebelum dan sesudahnya dilakukan *load balancing*. Sebelum *load balancing* dihasilkan *output upload* dan *download* sebanyak 19.01 dan 19.87 Mbps. Dari *output* pengujian dihasilkan *delay* sebanyak 55 dan 39 ms, *jitter* sebanyak 8 & 17 ms, dan *packet loss* sebanyak 19%. Sedangkan sesudahnya diterapkan *load balancing* dihasilkan *output upload* dan *download* sebanyak 199.00 dan 134.87 Mbps. Dari *output* pengujian 2 domain dihasilkan *delay* sebanyak 21 dan 24 ms, *jitter* keduanya sebanyak 0 ms, dan *packet loss* keduanya sebanyak 0% (Octaviana dkk., 2021). Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Firdaus, 2017), menunjukkan bahwa metode PCC menghasilkan *throughput* dan ketahanan yang lebih baik daripada metode ECMP.

Load balancing pada saat ini umumnya menggunakan dua buah jalur koneksi *Internet Service Provider (ISP)*, maka besarnya *bandwidth* yang didapatkan seolah-olah menjadi dua kali lipat lebih besar dibanding *bandwith* ketika sebelum menggunakan *load balancing*. Padahal, *load balancing* ini sesungguhnya tidak akan mempengaruhi *bandwidth* atau menambah besar *bandwidth* yang diperoleh, namun bertugas dalam membagikan *traffic* dari kedua *bandwidth* tersebut sehingga dapat terdistribusikan secara seimbang (Ardianto dkk., 2018). Seperti yang dilakukan penelitian Sumardi tahun 2019, menggunakan teknik *load balancing* dengan membagi *bandwith* dari 1 sumber *ISP* menjadi dua jalur *gateway* untuk *server* yang berbeda menunjukkan terdapat pola topologi terbaik dengan menganalisa nilai *traffic* yang masuk dari *server* ke *client* untuk melakukan kegiatan *upload*, *download*, dan *browsing* (Sumardi, 2019). Namun, hasil dari penelitian Sumardi tersebut masih belum memberikan hasil yang maksimal karena menggunakan topologi dengan menambahkan lebih banyak server dengan *bandwidth* yang terbatas. Maka pada penelitian ini dengan memperhatikan penelitian-penelitian sebelumnya maka perlu dilakukan analisis teknik *load balancing* metode PCC dengan membandingkan topologi *load balancing* dan non *load balancing* dengan *shared bandwith* dan ulangan pada pengujian sehingga didapat hasil yang optimal untuk pembagian beban kerja *server* sehingga diharapkan dapat menghasilkan suatu analisis yang akurat penggunaan teknik *load balancing* metode PCC dalam pembagian beban kerja web server.

METODE PENELITIAN

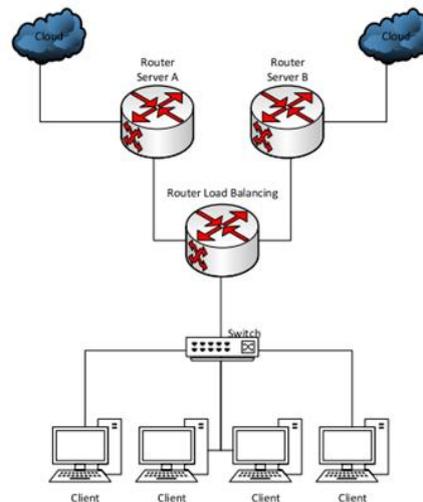
Metode penelitian menggunakan teknik *load balancing* dengan metode *Per Connection Classifier (PCC)* memiliki alur mulai dari pemilihan model arsitektur, implementasi dan skenario teknik *load balancing* metode PCC, pengujian dan analisis sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

1. Pemilihan Model Arsitektur

Adapun arsitektur dari *load balancing* dengan metode PCC dapat dilihat pada Gambar 2

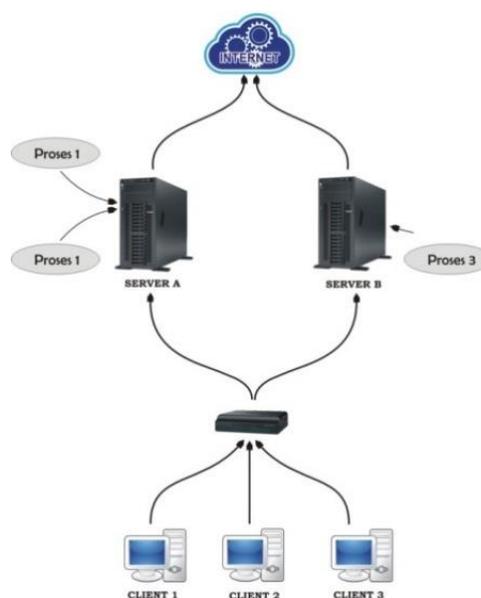


Gambar 2. Arsitektur Pemodelan Sistem

Pada gambar 2 diatas menggambarkan terdapat *router* yang bertugas untuk melakukan *load balancing*. Ketika *client* mengirimkan paket ke server secara bersamaan kemudian paket ini akan di bagikan oleh *router* untuk dikirimkan ke *router server A* dan *router server B* secara seimbang sehingga server A dan server B dapat merespon dengan cepat. Adapun perangkat yang diperlukan untuk membangun topologi ini yaitu 2 buah Mikrotik RB750 sebagai *router server*, 1 buah Mikrotik RB750 sebagai *load balancing PCC*, 1 buah *switch*, 2 buah server, dan 9 PC sebagai *client*. Adapun *software* yaitu sistem operasi berbasis windows 10, Switch Hub D-Link Des-1008C 8 port, Mikrotik RouterOS dan Wireshark.

2. Implementasi Teknik *Load Balancing*

Router server load balancing berfungsi sebagai pengatur pengiriman paket yang berasal dari lebih dari 1 jalur kemudian dapat didistribusikan ke setiap *client* dengan *bandwidth* secara seimbang. Berikut adalah alur prosesnya :

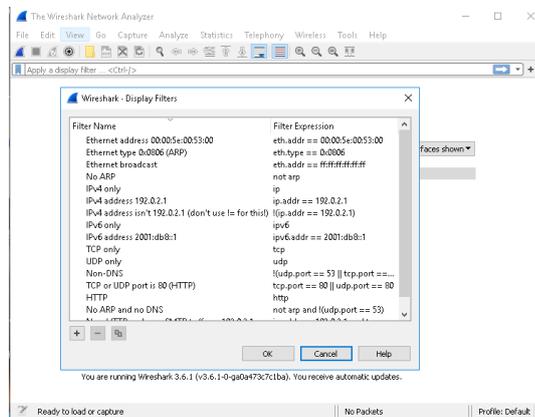


Gambar3. Alur Proses Teknik *Load Balancing* Metode PCC

Berdasarkan gambar diatas terdapat tiga paket dari client dikirimkan, selanjutnya paket-paket ini di kelompokkan berdasarkan alamat atau IP pengirim atau *source address* dan alamat IP penerima atau *destination address*. Apabila ada paket yang masuk dan ternyata masih berkaitan dengan paket sebelumnya, maka akan dikesampingkan melalui *gateway* yang sama. Pada gambar diatas ada dua paket data melalui *gateway* yang sama, hal ini dikarenakan kedua paket tersebut masih berkaitan maka paket yang kedua dilewatkan pada jalur *gateway* yang sama dengan paket yang pertama.

3. Skenario *Load Balancing*

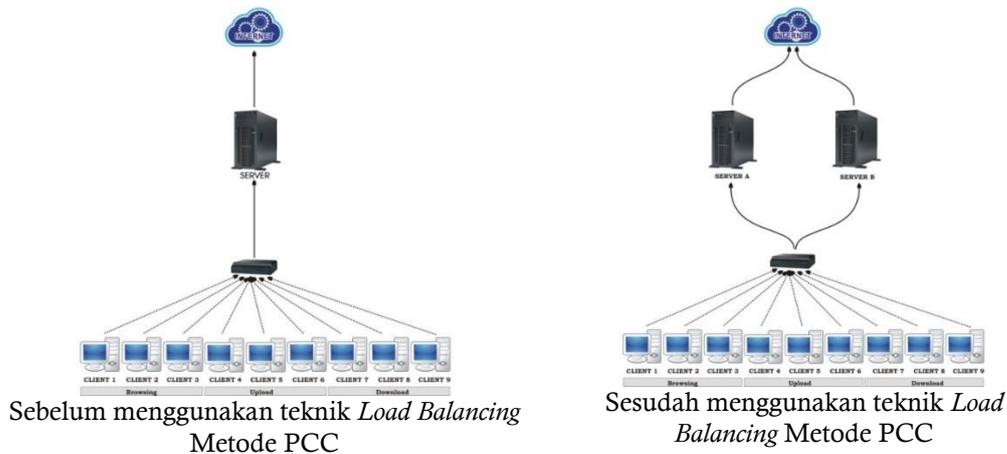
Dalam penelitian ini menggunakan jalur ISP Iconnet dengan *bandwidth* sebesar 50 Mbps. Pengujian di lakukan dengan membuat menguji topologi yang ada sebelum menggunakan topologi *Load Balancing* metode PCC. Setelah dilakukan pengujian, kemudian membuat topologi dengan teknik *Load Balancing* metode PCC menggunakan 2 server dengan bandwith masing-masing 25 Mbps. Masing-masing topologi ini dianalisis nilai *traffic* yang masuk dari *server* ke *client*. Setiap *client* akan melakukan kegiatan *upload*, *download*, dan *browsing* ke *web server*. Untuk menganalisis *traffic* ini digunakan aplikasi Wireshark yang dipasangkan pada *client* agar dapat menganalisis nilai *throughput*, *jitter*, *packet loss*, dan *delay*.



Gambar 4. Tampilan dari Aplikasi Wireshark

4. Pengujian

Pada tahap ini, dilakukan pengujian dengan membandingkan dua topologi sebelum teknik *load balancing* dan sesudah menggunakan teknik *load balancing*. Dari kedua model ini diuji untuk mendapatkan nilai *throughput*, *jitter*, *packet loss*, dan *delay*.



Gambar 5. Topologi Sebelum dan Sesudah Teknik *Load Balancing* Metode PCC

Masing-masing topologi ini, menggunakan 9 client untuk melakukan aktifitas *browsing* sebanyak 3 client, upload sebanyak 3 client dan download sebanyak 3 client. Pada setiap client dipasang aplikasi Wireshark untuk mendapatkan data *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss*. Cara kerja Wireshark yaitu pada saat proses transfer, maka Wireshark secara otomatis akan melakukan pemantauan terhadap aktifitas yang terjadi dalam trafik jaringan. Setelah proses selesai, maka data dari Wireshark ini akan diproses lebih lanjut untuk di analisis dan dapat diketahui hasilnya.

5. Analisa

Analisa hasil pengujian dilakukan dengan cara merata-rata seluruh nilai QoS antara lain *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* untuk diambil kesimpulan mengenai optimalisasi teknik *load balancing* metode PCC untuk pembagian beban kerja *web server*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik *Load Balancing* metode PCC pada penelitian ini digunakan untuk mengoptimalkan pembagian beban kerja *web server*. Hal ini perlu dipertegas terlebih dahulu, bahwa *Load Balancing* tidak akan menambah besar bandwidth yang diperoleh, tetapi hanya bertugas untuk membagi trafik dari kedua bandwidth tersebut agar dapat terpakai secara seimbang. Implementasi *Load Balancing* metode PCC dengan membandingkan parameter QoS antara lain *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* sebelum dilakukan *Load Balancing* metode PCC dan sesudah dilakukan *Load Balancing* metode PCC. Server pada waktu sebelum dilakukan teknik *load balancing* ini hanya 1 server, sedangkan setelah dilakukan teknik *load balancing* dibagi menjadi 2 server dengan *shared bandwidth*. Terdapat *switch* di sebelah *router sever A* dan *router sever B*, karena *shared bandwidth*.

Pengujian dilakukan dengan memperhatikan kondisi jaringan internet lancar dan tidak ada masalah, hal ini dilakukan agar diperoleh data yang akurat untuk dianalisis dari kedua topologi yang dilakukan uji yaitu sebelum dan sesudah menggunakan teknik *Load Balancing* Metode PCC. Berikut ini adalah hasil pengamatan dari nilai QoS meliputi *delay*, *throughput*, *jitter*, dan *packet loss* menggunakan Wireshark :

Tabel 1. Hasil Pengujian Parameter QoS Sebelum dan Sesudah Teknik *Load Balancing* Metode PCC

Topologi	Ulangan	Client	Delay (ms)	Jitter (ms)	Throughput (%)	Packet Loss (%)
Sebelum menggunakan teknik <i>Load Balancing</i> Metode PCC	I	Client 1 (upload)	376,0912	50,0091	80,50	5,00
		Client 2 (download)	454,9810	78,0909	70,00	8,00
		Client 3 (browsing)	411,0920	180,0091	75,00	11,00
	II	Client 1 (upload)	387,9832	128,0092	80,50	12,00
		Client 2 (download)	337,0922	201,0892	90,00	4,00
		Client 3 (browsing)	401,0092	79,0909	70,00	20,00
	III	Client 1 (upload)	327,0933	187,0901	70,50	5,00
		Client 2 (download)	339,0233	88,0901	50,50	15,00
		Client 3 (browsing)	410,0922	190,0090	60,00	11,00
Sesudah menggunakan teknik <i>Load Balancing</i> Metode PCC	I	Client 1 (upload)	210,1029	10,0109	75,50	0,00
		Client 2 (download)	319,0192	11,0921	80,00	5,00
		Client 3 (browsing)	99,0112	17,2981	100	0,00
	II	Client 1 (upload)	101,9801	22,1182	90,00	2,00
		Client 2 (download)	129,0910	25,0092	100	0,00
		Client 3 (browsing)	198,0291	48,1981	97,50	0,00
	III	Client 1 (upload)	201,0921	18,2091	100	1,00
		Client 2 (download)	211,9089	31,0901	100	2,00
		Client 3 (browsing)	118,0929	42,0091	77,50	2,00

Berdasarkan data pada tabel 6, menunjukkan dari kumpulan data parameter QoS sebelum dan sesudah teknik *Load Balancing* metode PCC *traffic* dan bandwidth dapat disistribusikan dengan baik. Pengujian dilakukan ulangan sebanyak 3 kali dan memperlihatkan semua data dapat terbaca menggunakan aplikasi Wireshark atau sebanyak 18 data ini dapat dilakukan pengujian dan dianalisis. Berikut ini adalah hasil analisis perbandingan sebelum dan sesudah teknik *Load Balancing* metode PCC untuk mengoptimalkan pembagian beban kerja *web server*:

Tabel 2. Perbandingan Beban Kerja *Web Server* Sebelum dan Sesudah Teknik *Load Balancing*

Parameter QoS	Sebelum menggunakan teknik <i>load balancing</i> metode <i>Per Connection Classifier</i> (PCC)		Sesudah menggunakan teknik <i>load balancing</i> metode <i>Per Connection Classifier</i> (PCC)	
	Rata-rata	Kategori	Rata-rata	Kategori
<i>Delay</i>	382.7175	Sedang	176.4808	Bagus
<i>Jitter</i>	131.2764	Jelek	25.0039	Bagus
<i>Throughput</i>	71.8889	Sedang	91.1667	Bagus
<i>Packet Loss</i>	10.1111	Sedang	1.3333	Bagus

Berdasarkan tabel 7, menunjukkan bahwa setelah dilakukan teknik *load balancing* metode PCC rata-rata *delay* sebesar 176,4808 ms, rata-rata *jitter* sebesar 25,0039 ms, rata-rata *throughput* sebesar 91,1667% dan rata-rata *packet loss* sebesar 1,3333%, semua parameter ini termasuk kategori bagus. Hal ini berbeda dengan sebelum menggunakan teknik *load balancing* metode PCC menurut parameter QoS untuk *delay* dalam kategori sedang, *jitter* kategori jelek, demikian pula dengan *throughput* dan *packet loss* termasuk kategori sedang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan teknik *load balancing* metode PCC, *traffic* dapat berjalan dan bandwidth dapat di distribusikan ke setiap client. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa ada peningkatan pembagian beban kerja web server setelah dilakukan teknik *load balancing* metode PCC. Penggunaan teknik *load balancing* menghasilkan kategori bagus untuk semua parameter QoS, yaitu rata-rata *delay* sebesar 176,4808 ms, rata-rata *jitter* sebesar 25,0039 ms, rata-rata *throughput* sebesar 91,1667% dan rata-rata *packet loss* sebesar 1,3333%.

Saran

Meskipun pada penelitian ini telah didapatkan hasil yang berbeda mengenai pembagian beban kerja web server sebelum dan sesudah dilakukan teknik *load balancing* metode PCC, namun perlu dilakukan kedepannya dengan metode lainnya seperti metode ECMP, HTB dan NTH. Hal tersebut agar diperoleh hasil yang lebih bervariasi dan untuk mengetahui kinerja server dapat menggunakan parameter lain seperti MOS, Echo Cancellation, Post Dial Delay.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak kampus Universitas Bhinneka PGRI Tulungagung dan Ketua LPPM atas terselenggaranya kegiatan penelitian internal, LPTIK yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini, serta kepada rekan-rekan dosen Fakultas Sain dan Teknologi atas dukungan dan supportnya.

REFERENSI

Aji, G. T., Iswahyudi, C., & Triyono, J. (2019). Implementasi Teknik Load Balancing Metode Per Connection Classifier (PCC) dengan Fungsi Queue untuk Manajemen Bandwidth.

Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 1689–1699.

- Ardianto, F., Alfaresi, B., & Darmadi, A. (2018). Rancang Bangun Load Balancing Dua Internet Service Provider (ISP) Berbasis Mikrotik. *Jurnal Surya Energy*, 3(1), 198.
- Firdaus, M. I. (2017). Analisis Perbandingan Kinerja Load Balancing Metode Ecmp (Equal Cost Multi-Path) Dengan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Pada Mikrotik Routeros. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 8(3), 165.
- Komaruddin, A. M., Sipitorini, D. M., & Rispian, P. (2019). Load Balancing dengan Metode Round Robin Untuk Pembagian Beban Kerja Web Server. *Siliwangi*, 5(2), 47–50.
- Mahmud. (2019). Implementasi Load Balancing Metode Per Connection Classifier (PCC) dan Failover menggunakan Mikrotik (Studi Kasus: STMIK PalComTech). *Teknomatika*, 09(02), 175–182.
- Octavriana, T., Joni, K., & Ibadillah, A. F. (2021). Optimalisasi Jaringan Internet dengan Load Balancing Pada High Traffic Network. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(1), 28–39.
- Safrianti, E. (2021). Peer Connection Classifier Method for Load Balancing Technique. *International Journal of Electrical, Energy and Power System Engineering*, 4(1), 127–133.
- Satiarini, A. (2020). Optimalisasi Jaringan Menggunakan Teknik Load Balancing Metode Peer Connection Classifier (Studi Kasus: Dinas Perpustakaan Dan Kearsipan Provinsi Riau). *Jom FTEKNIK*, 7, 1–8.
- Sumardi, S. (2019). Analisa QoS (Quality Of Services) Load Balancing Menggunakan Metode PCC (Per Connection Classifier) Dengan Shared Bandwidth. *Jurnal IPTEKS*, (1510651067).
- Utomo, A. D. N., & Sarwono, P. (2020). Load Balancing Per Connection Classifier dengan Pengukuran Quality of Service Pada Jaringan LAN Lingkup Universitas. *Journal of Informatics, Information System, Software Engineering and Applications (INISTA)*, 2(2), 40–53.