

IMPLEMENTASI LOAD BALANCING PER CONNECTION CLASSIFIER PADA INFRASTRUKTUR JARINGAN YAYASAN TPQ AL-FALAH

M. Abid Ulil Azmi¹, Miftahur Rahman², Daryanto³, Ahmad Fawaiz⁴

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember, Indonesia

⁴Manajemen Bisnis Syariah, Fakultas Syariah dan Ekonomi Islam, Universitas Ibrahimy Situbondo, Indonesia

Info Artikel	ABSTRAK
Riwayat Artikel: Diterima : 13 November 2025 Direvisi : 26 Desember 2025 Disetujui : 3 Januari 2026	Kebutuhan akan koneksi internet yang cepat, stabil, dan handal menjadi hal yang sangat penting, termasuk di lembaga pendidikan seperti TPQ AL-FALAH, berfungsi untuk mengelola sistem administrasi, serta kegiatan streaming acara secara langsung melalui YouTube. Namun, penggunaan satu jalur internet seringkali tidak mampu memberikan kestabilan, sehingga diperlukan solusi berupa penggabungan dua jalur ISP menggunakan teknik <i>load balancing</i>. Penelitian ini mengimplementasikan metode <i>Per Connection Classifier</i> (PCC) pada perangkat Mikrotik untuk menggabungkan dua jalur internet dari ISP yang berbeda, yakni PT Global Media Data Prima dan modem Orbit Star 2. Metode ini memungkinkan distribusi jaringan secara merata antar koneksi yang tersedia. Penelitian ini juga menganalisis <i>Quality of Service</i> (QoS). Pengujian dilakukan berdasarkan empat parameter utama, yaitu <i>delay</i>, <i>jitter</i>, <i>packet loss</i>, dan <i>throughput</i>. Hasil analisis menunjukkan <i>load balancing</i> dengan metode PCC pada skenario 3 adalah hasil yang terbaik, yaitu pada saat kedua ISP aktif secara bersamaan dengan nilai <i>delay</i> 0,8 ms, <i>jitter</i> 0,01 ms, <i>packet loss</i> 0,11%, dan <i>throughput</i> 9038 kbps, berdasarkan kategori standar TIPHON, maka hasil parameter analisis QoS skenario 3 semua parameter dalam kategori <i>excellent</i> atau sangat baik. Dengan demikian, sistem <i>load balancing</i> ini terbukti efektif dalam meningkatkan performa dan keandalan jaringan internet di lingkungan kerja TPQ AL-FALAH.
Kata Kunci: Internet, Mikrotik, <i>Load balancing</i> , <i>Per Connection Classifier</i>	
Keywords: <i>Internet</i> , <i>Mikrotik</i> , <i>Load balancing</i> , <i>Per Connection Classifier</i>	
Penulis Korespondensi: M. Abid Ulil Azmi, Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Jember Email: abiedseven@gmail.com	ABSTRACT <i>The need for a fast, stable and reliable internet connection is very important, including in educational institutions such as TPQ AL-FALAH, which functions to manage the administration system, as well as stream events directly via YouTube. However, the use of one internet line is often unable to provide stability, so a solution is needed in the form of combining two ISP lines using load balancing techniques. This research implements the Per Connection Classifier (PCC) method on a Mikrotik device to combine two internet lines from different ISPs, namely PT Global Media Data Prima and the Orbit Star 2 modem. This method allows for even network distribution between available connections. This research also analyzes Quality of Service (QoS). Testing is carried out based on four main parameters, namely delay, jitter, packet loss and throughput. The analysis results show that load balancing using the PCC method in scenario 3 is the best result, namely when both ISPs are active simultaneously with a delay value of 0.8 ms, jitter 0.01 ms, packet loss 0.11%, and throughput 9038 kbps, based on the TIPHON standard category, then the QoS analysis parameter results for scenario 3 are all parameters in the excellent or very good category. Thus, this load balancing system has proven effective in improving the performance and reliability of the internet network in the TPQ AL-FALAH work environment.</i>

1. PENDAHULUAN

Era globalisasi modern saat ini penggunaan internet sangat dibutuhkan. Internet merupakan suatu sarana dimana sebagai sumber dari segala informasi, baik dari sektor sosial, bidang pendidikan, ekonomi dan medis [1][2]. Saat ini permintaan akan koneksi internet yang cepat, stabil, dan handal semakin meningkat di berbagai sektor. TPQ (Taman Pendidikan Al-Qur'an) AL-FALAH, sebagai lembaga pendidikan nonformal yang berfokus pada pengajaran Al-Qur'an, memiliki peran vital dalam mendidik generasi muda untuk menguasai kemampuan membaca, menghafal, serta memahami ajaran Islam dengan baik. Seiring dengan perkembangan sistem administrasi dan metode pembelajaran yang memanfaatkan teknologi, kebutuhan akan koneksi internet di lingkungan kantor menjadi hal yang sangat penting [3].

Aktivitas administrasi kantor, seperti pengelolaan data santri, pembuatan jadwal kegiatan, pengarsipan dokumen, serta dalam rangka memfasilitasi kebutuhan internet untuk kegiatan *live streaming* Youtube pada acara tertentu. Namun, pada kenyataannya penggunaan satu sumber layanan internet sering kali tidak dapat memenuhi harapan, sebagai solusi untuk permasalahan ini, yaitu dengan mengambil inisiatif untuk menggabungkan dua jalur internet dari dua ISP yang berbeda, yaitu PT Global Media Data Prima sebagai ISP 1 dan modem Orbit Star 2 sebagai ISP 2. Penggabungan kedua jalur internet ini dilakukan dengan menggunakan metode *load balancing* yang diterapkan melalui perangkat Mikrotik [4].

Teknologi *load balancing* memungkinkan penggunaan dua atau lebih jalur internet secara bersamaan atau bergantian, tergantung pada konfigurasi dan kebutuhan jaringan. Dengan adanya *load balancing*, sistem dapat secara otomatis mendistribusikan lalu lintas data ke beberapa koneksi internet untuk mengoptimalkan kinerja dan ketersediaan jaringan. Jika salah satu jalur mengalami gangguan atau kegagalan, koneksi dapat dialihkan ke jalur lain tanpa mengganggu aktivitas pengguna [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Anton dan Irman (2024) menunjukkan bahwa metode PCC dan failover pada perangkat Mikrotik mampu meningkatkan ketersediaan koneksi dan memperkecil risiko downtime jaringan. Selain itu, penelitian oleh Firmansah dan Hadi (2022) menyimpulkan bahwa metode PCC lebih stabil dalam membagi trafik dibandingkan metode NTH, terutama dalam jaringan dengan banyak pengguna. Penelitian oleh Tantoni et al. (2022) juga mendukung hal ini, di mana metode PCC menunjukkan kualitas layanan (QoS) tertinggi dibandingkan metode ECMP dan NTH, khususnya dalam hal throughput dan latensi. Oleh karena itu, berdasarkan hasil penelitian terdahulu, penggunaan teknologi *load balancing* dengan metode PCC (Per Connection Classifier) dipilih dalam penelitian ini untuk mengatasi permasalahan ketergantungan pada satu jalur internet dan untuk meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan. Pada pengujian penelitian ini dilakukan dengan menguji QoS atau *Quality of Service*, hal ini untuk memastikan kemampuan dalam menyediakan layanan jaringan komputer dengan kualitas lebih baik, sehingga persyaratan layanan dapat dipenuhi [6].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu dengan cara melakukan pengujian langsung terhadap sistem jaringan yang telah diimplementasikan menggunakan metode *load balancing Per Connection Classifier* (PCC) pada dua ISP [7]. Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis kinerja jaringan dengan menerapkan metode PCC terhadap parameter *Quality of Service* (QoS), yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput* [8]. Langkah-langkah penelitian meliputi:

- a) Merancang dan mengimplementasikan topologi jaringan dengan dua ISP menggunakan metode *load balancing* PCC. Tahap perancangan dimulai dari penentuan perangkat keras dan perangkat lunak yang sesuai dengan kebutuhan penelitian, seperti *router*, *switch*, kabel jaringan, serta sistem operasi atau aplikasi pendukung. Selain itu, dilakukan pula pemetaan kebutuhan *bandwidth* dan jumlah pengguna agar topologi yang dibuat dapat merepresentasikan kondisi jaringan nyata [9].
- b) Melakukan proses konfigurasi yang meliputi pengaturan alamat IP, pembuatan rute utama maupun cadangan, serta pembagian trafik melalui metode PCC sehingga kedua ISP dapat saling berbagi beban dengan seimbang. Pada tahap ini juga dilakukan pengecekan akses internet dari masing-masing ISP secara terpisah untuk memastikan koneksi berjalan normal. Setelah konfigurasi selesai diterapkan, dilakukan pengujian awal (*testing*) agar dapat dipastikan tidak terdapat kesalahan pada pengaturan jaringan, baik dari sisi konektivitas maupun pembagian beban trafik [10].
- c) Mengumpulkan data QoS dari jaringan yang diuji dengan menggunakan aplikasi serta perintah khusus pada perangkat jaringan. Pengukuran dilakukan terhadap parameter utama yaitu *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Proses pengumpulan data dilakukan dalam jangka waktu tertentu dengan kondisi trafik yang bervariasi, sehingga hasil yang diperoleh lebih akurat dan mampu menggambarkan kinerja jaringan secara menyeluruh [11].

- d) Menganalisis hasil pengukuran QoS dan menarik kesimpulan berdasarkan data yang diperoleh. Seluruh hasil pengumpulan data disusun dalam bentuk tabel dan grafik sehingga lebih mudah dipahami serta dapat digunakan untuk membandingkan antar skenario. Analisis dilakukan dengan menggunakan tiga skenario berbeda yang mewakili variasi kondisi koneksi ISP. Dengan demikian, dapat diketahui tingkat efektivitas penerapan *load balancing* PCC terhadap performa jaringan dan seberapa besar peningkatan kualitas layanan yang dihasilkan [12].
- e) Selama proses penelitian berlangsung, setiap tahapan didokumentasikan secara rinci, mulai dari rancangan topologi, proses konfigurasi, hingga hasil pengujian. Dokumentasi mencakup foto perangkat yang digunakan, tangkapan layar konfigurasi, serta catatan pengujian. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses evaluasi dan sebagai bukti nyata implementasi [13].

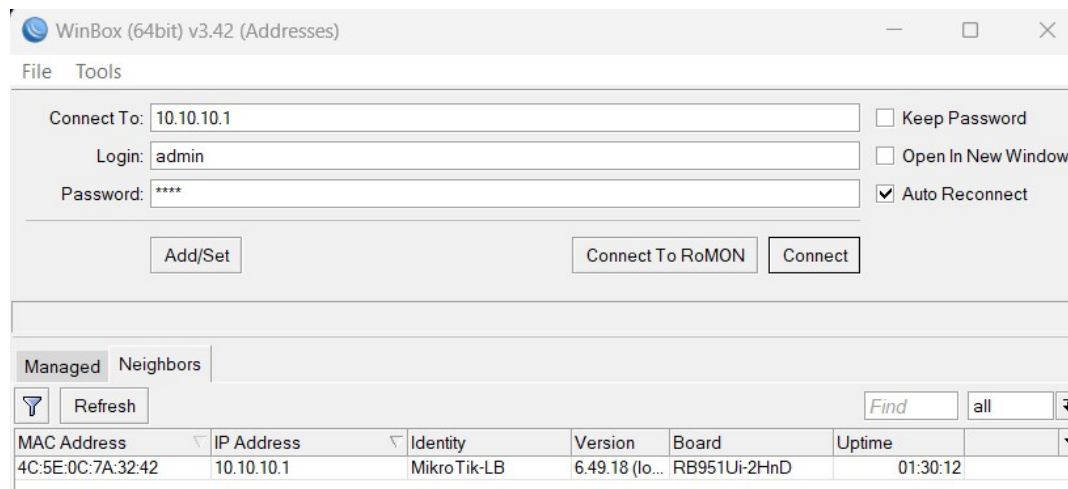
3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Konfigurasi Dasar Mikrotik

Sebelum melakukan konfigurasi *load balancing* menggunakan metode PCC, maka akan dilakukan konfigurasi dasar Mikrotik terlebih dahulu, tahapan sebagai berikut:

a) Login Winbox

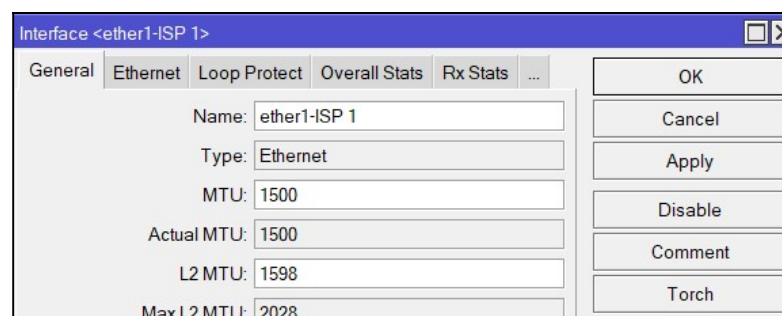
Buka aplikasi Winbox, maka akan tampilan *login* Winbox, klik pada *neighbors*, pilih perangkat Mikrotik yang akan diakses, lalu masukkan user dan *password* jika diperlukan, klik *connect*.



Gambar 1. Login Winbox

b) Konfigurasi Interface

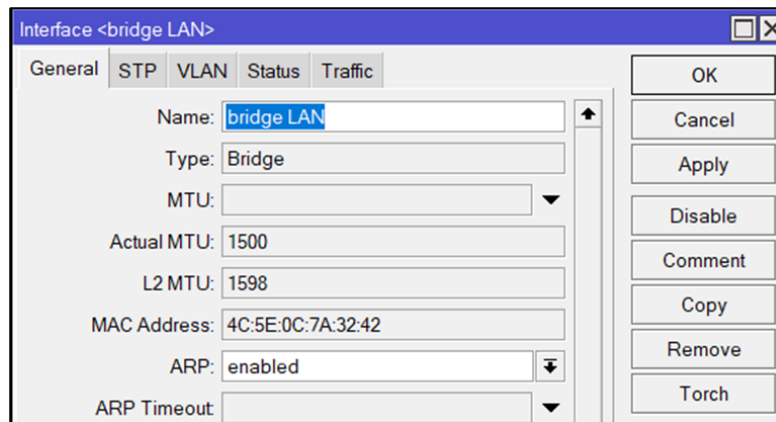
Klik pada menu *interface*, lalu pilih *ether1*, ubah namanya menjadi *ether1-ISP 1*, begitu juga untuk *ether2* ubah namanya menjadi *ether2-ISP 2* agar mudah diketahui.



Gambar 2. Konfigurasi Interface

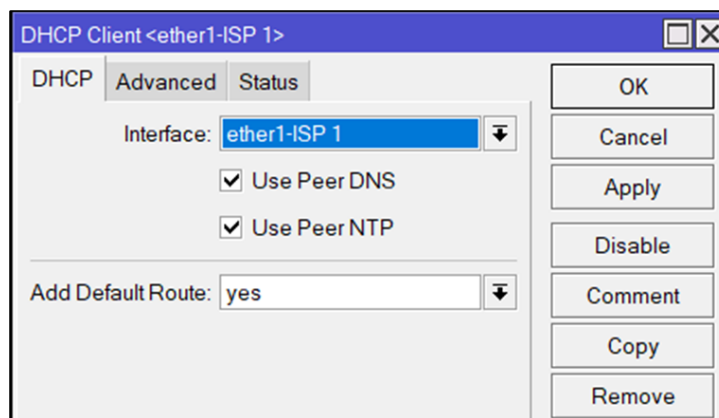
c) Konfigurasi *Bridge* LAN

Gabungkan *ether3* dan *ether4* menjadi satu grup menggunakan fitur *Bridge*, agar konfigurasi alamat IP *address* menjadi mudah dan tidak konfigurasi satu per satu, dengan cara buka menu *Bridge*, klik tanda plus, ubah nama menjadi *bridge LAN*, *Apply* dan OK.

Gambar 3. Konfigurasi *Bridge* LAN

d) Konfigurasi IP Address

Syarat agar mendapatkan internet adalah mendapatkan alamat IP *address*, oleh karena itu dibuatlah alamat IP *address* agar masing-masing interface mendapatkan IP *address*, pertama buka menu IP, lalu DHCP Client, klik tanda plus, pada interface pilih *ether1-ISP 1*, *Apply* dan OK, karena menggunakan dua ISP maka buatlah juga untuk ISP 2 dengan cara yang sama tadi, hanya beda di *interface* menggunakan *ether2-ISP 2*.



Gambar 4. Konfigurasi IP Address

3.2. Konfigurasi *Per Connection Classifier* (PCC)

Setelah melakukan konfigurasi dasar Mikrotik, dilanjutkan konfigurasi *load balancing Per Connection Classifier* (PCC), hal yang dibutuhkan adalah membuat *Mangle*, Konfigurasi ini untuk menandai *route* (*mark route*) yang akan dilewati sesuai dengan *Address-List* yang sudah dibuat. Pada tab *Advanced*, di bagian *Per Connection Classifier* pilih *both address and ports*, karena menggunakan dua ISP maka pada kolom angka isi dengan 2/0.

Gambar 5. Konfigurasi PCC

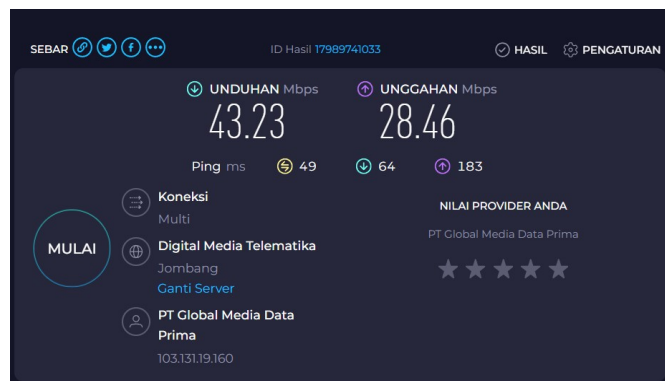
Konfigurasi *Mangle* tersebut untuk membagi trafik internet secara seimbang ke dua jalur ISP menggunakan metode PCC, koneksi dari jaringan lokal *bridge* LAN, yang belum ditandai akan diberi tanda sebagai koneksi ISP 1 dan ISP 2 secara bergantian dengan skema 2/0 dan 2/1. Selanjutnya, koneksi yang telah ditandai akan diarahkan ke *gateway* masing-masing ISP melalui penandaan *routing* yang sesuai, sehingga jalur koneksi tetap konsisten. Selain itu, koneksi masuk langsung dari masing-masing ISP juga ditandai agar dikenali sebagai bagian dari ISP yang benar, koneksi yang berasal langsung dari *router* seperti DNS atau *ping* juga diarahkan ke jalur ISP masing-masing dengan penandaan *routing* di bagian *output*.

#	Action	Chain	In. Interface
0	mar...	prerouting	bridge LAN
1	mar...	prerouting	bridge LAN
2	mar...	prerouting	bridge LAN
3	mar...	prerouting	bridge LAN
4	mar...	prerouting	ether1-ISP 1
5	mar...	prerouting	ether2-ISP 2
6	mar...	output	
7	mar...	output	

Gambar 6. Hasil Konfigurasi *Mangle*

3.3. Pengujian

Pada tahap ini dilakukan uji koneksi menggunakan *tools* Speedtest by Ookla, ini merupakan *tools* yang sering digunakan untuk mengukur kecepatan internet yang ada, dan untuk hasilnya cukup memuaskan.

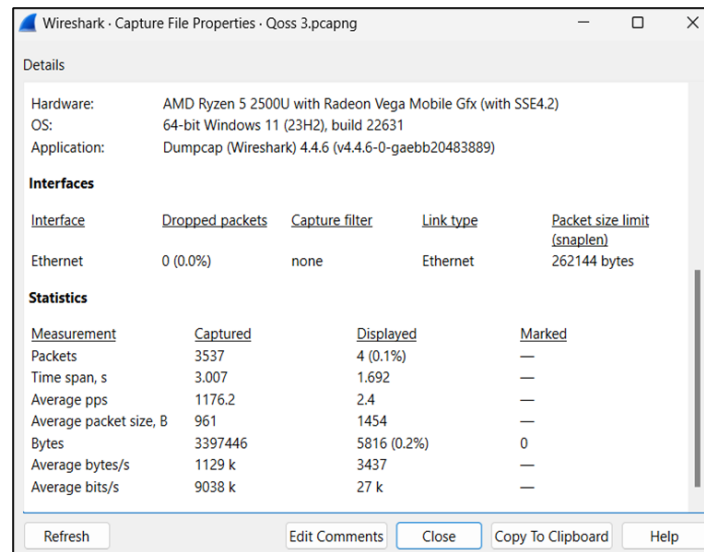


Gambar 7. Uji Koneksi Speedtest by Ookla

3.4. Analisis *Quality of Service* (QoS)

Setelah uji koneksi yang sudah di konfigurasi *load balancing* dengan metode PCC, selanjutnya akan dilakukan analisis QoS dengan parameter *delay*, *jitter*, *packet loss*, dan *throughput*. Skenario terbaik yang di analisis yaitu ketika 2 ISP aktif secara bersamaan pada saat *live streaming* Youtube.

Khusus parameter *packet loss* dan *throughput*, hasilnya sudah ada pada menu *Capture File Properties*. Berikut merupakan hasil dari aplikasi Wireshark:



Gambar 8. Hasil QoS Aplikasi Wireshark

Selain menggunakan aplikasi Wireshark, untuk penghitungan hasil dari analisis QoS juga menggunakan aplikasi Microsoft Excel. berikut merupakan hasil dari penghitungan menggunakan Microsoft Excel:

Tabel 1. Hasil Analisis QoS

No.	Time	Time 1	Time 2	Delay	Delay 1	Delay 2	Jitter
1	0	0	0,000897	0,000897	0,000871	-0,0042	-0,00507
2	0,000897	0,000897	0,000923	0,000026	-0,0042	0,004171	0,00837
3	0,000923	0,000923	0,005148	0,004225	0,004171	-0,00084	-0,00501
4	0,005148	0,005148	0,005202	5,40E-05	-0,00084	0,000869	0,001712
.....							
3533	3,003693	3,003693	3,003756	6,30E-05	4,00E-06	-5,00E-06	-9,00E-06
3534	3,003756	3,003756	3,003815	5,90E-05	-5,00E-06	-0,0031	-0,00309
3535	3,003815	3,003815	3,003879	6,40E-05	-0,0031	0,003161	0,006258
3536	3,003879	3,003879	3,00704	0,003161			
3537	3,00704						
				Total Delay:	3,00704	Total Jitter:	0,00229
				Rata-rata Delay:	0,00085	Rata-rata Jitter:	6,47E-07

Berikut merupakan hasil penghitungan dengan rumus standar TIPHON dari analisis QoS yang dilakukan ketika *live streaming* Youtube:

$$\begin{aligned}
 \text{Delay} &= \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total Paket Yang Diterima}} \times 1000 \\
 &= \left(\frac{3,00704}{3537} \right) \times 1000 = 0,850167 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jitter} &= \frac{\text{Total variasi delay}}{\text{Total paket yang diterima}} \times 1000 \\
 &= \left(\frac{0,00229}{3537} \right) \times 1000 = 0,000647441 \text{ ms}
 \end{aligned}$$

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

$$= \left(\frac{3537 - 3533}{3537} \right) \times 100 = 0,11 \%$$

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Jumlah data yang dikirim}}{\text{Waktu pengiriman data}} \times 8$$

$$= \left(\frac{3.397.446}{3,007} \right) \times 8 = 9038 \text{ kbps}$$

Tabel 2. Hasil Parameter QoS Standar TIPHON

Parameter QoS	Nilai	Kategori
Delay	0,8 ms	Sangat Baik
Jitter	0,01 ms	Sangat Baik
Packet Loss	0,11 %	Sangat Baik
Throughput	9038 kbps	Sangat Baik

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan dua ISP secara bersamaan dengan metode *load balancing* PCC mampu memberikan kinerja jaringan yang optimal. Hal ini membuktikan bahwa solusi *load balancing* tidak hanya efektif dalam membagi beban trafik, tetapi juga mampu meningkatkan pengalaman pengguna secara signifikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tahapan-tahapan yang telah dilakukan selama proses penelitian, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Implementasi metode *load balancing* melalui Mikrotik di lingkungan kerja TPQ AL-FALAH mampu meningkatkan kestabilan dan keandalan koneksi internet. Dengan menggabungkan dua jalur ISP, beban trafik internet dapat dibagi secara seimbang, sehingga koneksi menjadi lebih stabil dan meminimalisir terputusnya akses internet. Hal ini sangat membantu dalam mendukung aktivitas *live streaming* Youtube.
- Setelah penerapan *load balancing* dengan metode PCC, skenario 3 adalah hasil yang terbaik, yaitu ketika dua ISP aktif secara bersamaan, hasil analisis QoS skenario 3 yaitu *delay* 0,8 ms, *jitter* 0,01 ms, *packet loss* 0,11 %, dan *throughput* 9038 kbps, berdasarkan kategori standar TIPHON, maka hasil parameter analisis QoS skenario 3 semuanya dalam kategori *excellent* atau sangat baik, hal ini membuktikan bahwa teknik *load balancing* berperan signifikan dalam meningkatkan performa jaringan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada TPQ AL-FALAH yang telah bersedia menjadi objek penelitian dalam penyusunan artikel ini. Dukungan yang diberikan, mulai dari pemberian izin penelitian, penyediaan data, hingga keterbukaan dalam memberikan informasi yang dibutuhkan, merupakan hal yang sangat membantu penulis dalam menjalankan setiap tahapan penelitian.

REFERENSI

- [1] M. Rahman, "Implementasi Web Content Filtering Pada Jaringan RT/RW Net Menggunakan Pi-Hole DNS Server," *Gener. J.*, vol. 7, no. 1, pp. 50–60, 2023, doi: 10.29407/gj.v7i1.19818.
- [2] M. Rahman and M. Dasuki, "Implementasi access control list (ACL) sebagai metode proteksi dan traffic control pada infrastruktur jaringan local area network (LAN)," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 68–76, 2025, doi: 10.37859/coscitech.v6i1.9102.
- [3] S. J. Andriole, "Five Myths about Digital Transformation," *How to Go Digit.*, pp. 13–18, Jan. 2018, doi: 10.7551/MITPRESS/11633.003.0005<SPAN.
- [4] Anton and Irman, "Implementasi Metode PCC dan Failover pada Mikrotik untuk Meningkatkan Ketersediaan Koneksi," *J. Teknol. Jar.*, 2024.

- [5] A. S. Tanenbaum and D. J. Wetherall, *Computer Networks*. Pearson Education, 2011.
- [6] M. Rahman, M. Dasuki, and H. Oktavianto, "Implementasi Manajemen Bandwidth Simple Queue Sebagai Optimalisasi Layanan Jaringan Internet Warga Menggunakan Metode NDLC," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 27–35, 2024, doi: 10.37859/coscitech.v5i1.6899.
- [7] F. Ardianto, B. Alfaresi, and A. Darmadi, "RANCANG BANGUN LOAD BALANCING DUA INTERNET SERVICE PROVIDER (ISP) BERBASIS MIKROTIK," *J. SURYA ENERGY*, vol. 3, no. 1, pp. 198–202, Aug. 2018, doi: 10.32502/JSE.V3I1.1232.
- [8] J. Iskandar and B. D. Pamungkas, "Analisis Teknik Load Balancing Metode Per Connection Classifier (PCC) untuk Pembagian Beban Kerja Server," *G-Tech J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 166–173, 2022, doi: 10.33379/gtech.v6i2.1654.
- [9] K. T. Nugroho, B. Julianto, D. R. Tisna, and D. F. Nur M S, "Quality Analysis of Service Load Balancing Using PCC, ECMP, and NTH Methods," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, Mar. 2023, doi: 10.23887/JANAPATI.V12I1.55894.
- [10] A. Tantoni, M. T. A. Zaen, and L. Mutawalli, "Komparasi QoS Load Balancing Pada 4 Line Internet dengan Metode PCC, ECMP dan NTH," *J. MEDIA Inform. BUDIDARMA*, vol. 6, no. 1, p. 110, Jan. 2022, doi: 10.30865/MIB.V6I1.3436.
- [11] A. Cinta, P. Wibawa, R. Hikmawan, and D. P. Sari, "Analisis QoS untuk Mengoptimalisasikan Jaringan Internet Menggunakan Metode Load Balancing (Studi Kasus: Diskominfo Kabupaten Kuningan)," *InComTech J. Telekomun. dan Komput.*, vol. 14, no. 1, pp. 01–16, May 2024, doi: 10.22441/INCOMTECH.V14I1.18034.
- [12] M. Iqbal, R. Anwar, and D. Priyawati, "SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi Comparative Analysis of PCC and ECMP Methods in Load Balancing using GNS3 Simulator," *Sist. J. Sist. Inf.*, vol. 13, pp. 458–474, 2024.
- [13] N. H. Sofia, "Implementasi load balancing menggunakan mikrotik dengan metode pcc (," *Conf. ...*, pp. 69–82, 2018.