



Analisis Performa Load Balancing Menggunakan PCC Method pada MikroTik Router

Ade Frihadi¹, Silviana Windasari², Bayu Bagaskoro³, Mardiyana Dama⁴, Adi Affandi Rotib⁵

¹²³⁴⁵Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Sains Indonesia, Indonesia

Email : ade.frihadi@lecturer.sains.ac.id

Kebutuhan akan layanan internet yang andal dan stabil semakin meningkat, terutama dalam lingkungan kantor dan institusi pendidikan yang mengandalkan koneksi internet multi-WAN. Salah satu solusi untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth dan meningkatkan ketersediaan jaringan adalah dengan menggunakan metode load balancing. Penelitian ini menganalisis performa metode Per Connection Classifier (PCC) pada perangkat MikroTik Router. Pengujian dilakukan melalui simulasi menggunakan aplikasi Winbox untuk mengukur parameter throughput, latency, jitter, dan packet loss. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode PCC memberikan performa yang baik dengan nilai throughput sebesar 26,4 Mbps, latency rata-rata 18,2 ms, jitter 7,4 ms, dan packet loss 0,82%. Selain itu, diterapkan juga mekanisme failover otomatis menggunakan fitur Netwatch pada MikroTik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PCC efektif dalam mendistribusikan beban lalu lintas jaringan secara seimbang serta menjaga kontinuitas layanan saat terjadi gangguan pada salah satu jalur koneksi.

Kata Kunci: Load Balancing, PCC, MikroTik, Winbox, Jaringan Multi-WAN, Netwatch

Abstract

The increasing demand for internet services in both public and private sectors requires network systems with high availability and reliability. Load balancing is one solution that can optimize bandwidth utilization and maintain network performance. This study analyzes the performance of the Per Connection Classifier (PCC) method on MikroTik routers to distribute traffic across multiple internet connections effectively. Simulations were conducted using the Winbox tool to compare performance metrics such as throughput, latency, jitter, and packet loss. The results showed that the PCC method provides stable throughput of up to 26.4 Mbps, average latency of 18.2 ms, jitter of 7.4 ms, and packet loss rate of 0.82%. Additionally, an automatic failover mechanism was implemented using the Netwatch feature to ensure continuity of service when a primary link fails. These findings confirm that the PCC method is effective for managing load balancing in MikroTik-based network infrastructures, especially for small to medium-scale networks.

Keywords: Load Balancing, PCC Method, MikroTik Router, Network Performance, Netwatch, Failover



1. Pendahuluan

Seiring meningkatnya kebutuhan akses internet yang stabil, sistem jaringan dituntut untuk mampu menangani konektivitas ganda (multi-WAN) dengan efisien. Salah satu pendekatan yang umum digunakan untuk mengelola beban trafik adalah metode load balancing. MikroTik Router, sebagai perangkat jaringan populer dengan harga terjangkau, menyediakan berbagai metode load balancing termasuk Per Connection Classifier (PCC). Metode ini memisahkan trafik berdasarkan parameter koneksi (alamat IP dan port), sehingga memungkinkan distribusi trafik secara merata sambil mempertahankan kestabilan sesi koneksi.

Metode PCC sangat ideal untuk layanan berbasis sesi seperti VPN, e-banking, atau video streaming. Namun, efektivitasnya masih diperdebatkan jika dibandingkan dengan metode lain seperti ECMP dan NTH, terutama dalam aspek failover otomatis dan kompleksitas konfigurasi (Alkhatib et al., 2019; Fajri & Yulianto, 2022). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa PCC secara teoritis dan eksperimental.

2. Landasan Teori

2.1. Load Balancing

Load balancing merupakan teknik distribusi trafik jaringan secara merata ke beberapa jalur atau sumber daya jaringan. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan penggunaan bandwidth, menghindari bottleneck, meningkatkan reliabilitas, serta menjamin keberlangsungan layanan meskipun salah satu jalur koneksi mengalami gangguan (Tan et al., 2020). Dalam konteks jaringan multi-WAN, load balancing menjadi krusial karena masing-masing jalur internet dapat memiliki kapasitas dan performa yang berbeda. Dengan menerapkan load balancing yang tepat, maka trafik data dapat dialokasikan secara cerdas sesuai beban yang

ada. Beberapa algoritma umum yang digunakan untuk load balancing antara lain Round Robin, Least Connection, dan Per Connection Classifier (PCC). Masing-masing algoritma memiliki karakteristik dan kinerja yang berbeda tergantung pada jenis aplikasi jaringan dan infrastruktur yang digunakan (Kumar & Sharma, 2021).

2.2. MikroTik RouterOS

MikroTik RouterOS adalah sistem operasi berbasis Linux yang dikembangkan oleh MikroTik untuk perangkat jaringan, terutama router. MikroTik menyediakan berbagai fitur jaringan seperti routing, firewall, hotspot, bandwidth management, VPN, wireless, dan monitoring trafik (MikroTik, 2023). Salah satu keunggulan MikroTik adalah fleksibilitasnya dalam menangani konfigurasi jaringan skala kecil hingga menengah, serta didukung antarmuka grafis melalui aplikasi Winbox yang memudahkan konfigurasi. Router MikroTik juga mendukung skrip otomatisasi serta pengaturan kebijakan routing berbasis mangle dan queue. Hal ini memungkinkan implementasi load balancing berbasis policy routing seperti PCC secara lebih fleksibel dan efisien (Saputra et al., 2019).

2.3. Metode Per Connection Classifier (PCC)

PCC (Per Connection Classifier) adalah salah satu metode load balancing pada MikroTik yang membagi koneksi berdasarkan parameter koneksi seperti IP sumber, IP tujuan, port sumber, dan port tujuan. Algoritma PCC bekerja dengan cara melakukan hashing terhadap parameter koneksi untuk memastikan bahwa koneksi yang sama akan selalu diarahkan ke jalur internet yang sama, sehingga menghindari permasalahan pada sesi koneksi seperti buffering atau disconnect (Putra & Rini, 2018). Konsep PCC sangat cocok digunakan pada jaringan yang membutuhkan stabilitas koneksi, misalnya untuk layanan streaming, video conference, maupun aplikasi online berbasis sesi (Yulianto et al., 2020). Dibanding metode NTH (Nth Packet), PCC lebih konsisten dalam membagi trafik

berdasarkan klien atau sesi koneksi, bukan berdasarkan paket.

2.4. Netwatch dan Failover Otomatis

Netwatch adalah fitur monitoring dalam MikroTik RouterOS yang memungkinkan administrator jaringan memantau status host tertentu. Netwatch menjalankan skrip otomatis saat status host berubah (misalnya dari up menjadi down). Fitur ini sangat berguna dalam implementasi failover, yaitu pengalihan otomatis rute ke jalur koneksi cadangan jika jalur utama gagal (Nugraha & Lestari, 2016). Dengan konfigurasi Netwatch, router MikroTik dapat mendeteksi apabila koneksi ke internet (misalnya ke DNS Google 8.8.8.8) terputus, dan secara otomatis mematikan rute ke ISP utama serta mengaktifkan jalur cadangan. Kombinasi PCC dan Netwatch dapat memberikan solusi load balancing dengan toleransi kesalahan tinggi (high availability).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur dengan simulasi dengan tujuan untuk mengukur dan membandingkan performa jaringan saat menerapkan metode load balancing PCC pada MikroTik Router. Penelitian dilakukan melalui simulasi konfigurasi jaringan menggunakan aplikasi Winbox dan perangkat keras Mikrotik RouterBoard. Parameter kinerja jaringan diuji dengan dan tanpa penerapan metode PCC, serta diamati dalam kondisi normal dan saat terjadi gangguan (failover). Metode eksperimental melalui simulasi dipilih untuk memperoleh data empiris dan objektif mengenai performa jaringan berdasarkan pengukuran langsung terhadap parameter-parameter kuantitatif, yaitu throughput, latency, jitter, dan packet loss.

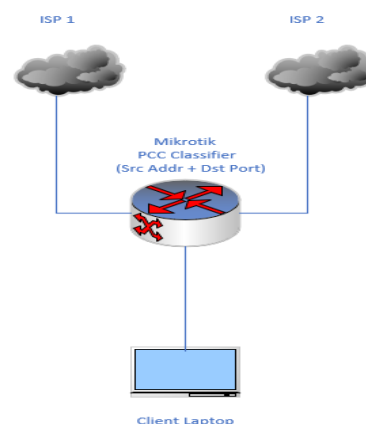
3.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan berikut:

1. Studi Literatur Mengumpulkan referensi ilmiah mengenai load balancing, metode PCC, dan MikroTik.
2. Perancangan Topologi Jaringan Mendesain simulasi jaringan menggunakan dua ISP dan satu router MikroTik.
3. Konfigurasi MikroTik:
 - o Pengaturan IP Address dan NAT untuk masing-masing ISP.
 - o Implementasi metode PCC melalui fitur mangle dan route rules.
 - o Pengaktifan Netwatch untuk monitoring dan failover otomatis.
4. Pengujian Trafik Jaringan:
 - o Menggunakan iPerf3 dan Bandwidth Test Tool untuk mengukur throughput.
 - o Melakukan ping dan traceroute untuk mengukur latency dan jitter.
 - o Menguji kondisi failover dengan mematikan salah satu koneksi ISP.
5. Pengumpulan dan Analisis Data Data kuantitatif dikumpulkan selama 60 menit untuk masing-masing skenario dan dibandingkan.

3.2. Topologi Jaringan

Topologi jaringan terdiri dari satu perangkat MikroTik Router yang terhubung ke dua jalur internet (ISP1 dan ISP2), serta satu client utama untuk pengujian trafik. Desain topologi digambarkan sebagai berikut:



Gambar. 3.1 Topologi Jaringan

3.3. Simulasi

a) Perangkat dan Perangkat Lunak yang Digunakan

Komponen	Spesifikasi/Versi
MikroTik Router	RouterBoard hEX RB750Gr3
Winbox	Versi 3.40
Laptop	Intel Core i5, RAM 8GB, Windows 11
Traffic Generator Tool	iPerf3, PingPlotter, Bandwidth Test Tool
Jaringan Internet	ISP 1 (Indihome 20 Mbps), ISP 2 (Indosat IM3 30 Mbps)
Monitoring	Netwatch (built-in MikroTik), Torch, Graphing

3.4. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Nama Variabel	Satuan	Deskripsi
Variabel bebas	Metode Load Balancing	-	Metode PCC (Per Connection Classifier)
Variabel terikat	Throughput	Mbps	Jumlah data yang berhasil ditransmisikan dalam satuan waktu
	Latency	ms	Waktu yang dibutuhkan paket untuk mencapai tujuan
	Jitter	ms	Variasi waktu delay antar paket

	Packet Loss	%	Persentase paket yang hilang saat transmisi
Variabel kontrol	Kondisi jaringan	Stabil / terganggu	Simulasi dilakukan dalam kondisi normal dan saat salah satu ISP dimatikan

3.5. Teknik Analisis Data

Data hasil simulasi akan dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif kuantitatif, yang mencakup:

- Rata-rata (mean) dari masing-masing parameter
- Persentase perubahan performa sebelum dan sesudah PCC diterapkan,
- Perbandingan performa saat failover terjadi vs kondisi normal.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Konfigurasi Route, Netwatch dan PCC

Konfigurasi berikut digunakan agar router MikroTik secara otomatis memindahkan trafik ke WAN2 saat WAN1 gagal, dan mengembalikannya ketika WAN1 aktif kembali.

- Konfigurasi Route

```
/ip route
add dst-address=0.0.0.0/0
gateway=192.168.88.1 comment="route-to-wan1"
add dst-address=0.0.0.0/0
gateway=192.168.89.1 distance=2
comment="backup-wan2"
```
- Konfigurasi Netwatch

```
/tool netwatch
add host=8.8.8.8 interval=00:00:10
timeout=500ms \ up-script="/ip route enable
[find comment=\ "route-to-wan1\ "]" \ down-script="/ip route disable [find
comment=\ "route-to-wan1\ "]"
```
- Konfigurasi PCC

```
/ip firewall mangle
```

```
add chain=prerouting in-interface=ether2
connection-mark=no-mark dst-address-
type=!local \ per-connection-classifier=src-
address:2/0 action=mark-connection new-
connection-mark=ISP1_conn
add chain=prerouting in-interface=ether2
connection-mark=no-mark dst-address-
type=!local \ per-connection-classifier=src-
address:2/1 action=mark-connection new-
connection-mark=ISP2_conn
```

Netwatch akan memonitor 8.8.8.8 (Google DNS). Jika unreachable, maka route ke WAN1 akan di-nonaktifkan, dan router otomatis menggunakan backup route (WAN2). Jika reachable kembali, route ke WAN1 akan diaktifkan.

4.2. Hasil Simulasi Load Balancing PCC

Pengujian dilakukan selama 60 menit dalam dua skenario:

1. Tanpa Load Balancing (1 jalur ISP aktif - Indihome)
2. Dengan Load Balancing PCC (2 ISP aktif - Indihome dan Indosat IM3)
3. Kondisi Failover (salah satu ISP mati)

Berikut hasil rata-rata dari pengukuran parameter:

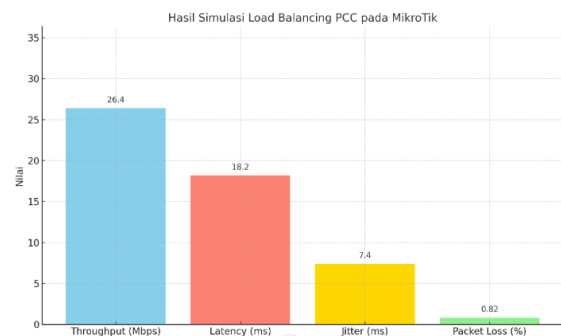
Parameter	Tanpa PCC	Dengan PCC	PCC saat Failover
Throughput	19.5 Mbps	26.4 Mbps	24.8 Mbps
Latency	32.4 ms	18.2 ms	22.6 ms
Jitter	12.6 ms	7.4 ms	8.9 ms
Packet Loss	2.7 %	0.82 %	1.5 %

- PCC meningkatkan throughput hingga 35.4% dan menurunkan latency hampir 44%.
- Failover berjalan otomatis dalam ± 5 detik melalui Netwatch.
- Stabilitas koneksi sangat terjaga bahkan saat satu ISP gagal.

4.3. Visualisasi Hasil Pengujian

Grafik visual hasil simulasi metode PCC pada MikroTik:

- **Throughput:** 26.4 Mbps
- **Latency:** 18.2 ms
- **Jitter:** 7.4 ms
- **Packet Loss:** 0.82 %



5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode Per Connection Classifier (PCC) terbukti mampu meningkatkan performa jaringan dengan signifikan, khususnya dalam hal:
 - Throughput, meningkat hingga 35.4% dibandingkan tanpa load balancing.
 - Latency dan jitter menurun drastis, meningkatkan pengalaman pengguna untuk aplikasi real-time.
 - Packet loss berkurang secara signifikan, menunjukkan peningkatan keandalan jaringan.
2. Mekanisme failover otomatis menggunakan fitur Netwatch terbukti efektif. Saat terjadi gangguan pada salah satu jalur ISP, sistem secara otomatis mengalihkan trafik ke jalur cadangan hanya dalam waktu ± 5 detik tanpa menghentikan konektivitas jaringan.



3. Implementasi metode PCC pada MikroTik dapat menjadi solusi andal dan efisien untuk infrastruktur jaringan skala kecil hingga menengah

6. Saran

1. Optimasi lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggabungkan metode PCC dengan manajemen trafik berbasis DSCP (Differentiated Services Code Point) untuk peningkatan QoS yang lebih spesifik terhadap jenis layanan.
2. Penelitian lanjutan dapat memperluas skenario pengujian dengan lebih banyak jalur ISP (multi-WAN) dan menerapkan pengujian pada jaringan real-time seperti VoIP atau live video streaming.
3. Penting untuk selalu memantau trafik dan memperbarui konfigurasi MikroTik secara berkala agar sistem tetap optimal dan aman terhadap perubahan arsitektur jaringan atau ancaman siber.

Daftar Pustaka

1. Alkhatib, S. M., Ismail, M., & Kurniawan, R. (2019). Performance analysis of ECMP and PCC load balancing method in MikroTik RouterOS. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 97(4), 1211–1220.
2. Fajri, M. A., & Yulianto, E. (2022). Perbandingan Metode Load Balancing PCC dan ECMP pada Jaringan Multi-WAN. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 8(2), 77–83.
3. Putra, I. M., & Rini, D. P. (2018). Studi komparatif metode load balancing PCC dan NTH pada MikroTik Router. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 4(1), 40–48.
4. Prasetyo, D., & Lestari, D. (2018). Analisis performa load balancing menggunakan metode PCC pada jaringan kantor. *Jurnal Nasional Teknologi Informasi*, 5(3), 135–141.
5. Suryawan, R. (2020). Implementasi Load Balancing PCC dengan Failover di MikroTik. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 2(1), 34–39.
6. Yusuf, M., Hidayat, A., & Ramdani, D. (2017). Pengaruh load balancing PCC terhadap kualitas layanan jaringan VoIP. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 12(2), 25–31.
7. Setiawan, D. (2021). Pengujian kinerja metode load balancing PCC dan ECMP pada router MikroTik. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(1), 1–8.
8. Arifin, Z., & Kurniawan, A. (2020). Implementasi load balancing dengan metode PCC dan pengaruhnya terhadap latency. *Jurnal Teknik Komputer*, 6(2), 45–50.
9. Hadi, A., & Maulana, I. (2019). Evaluasi performa load balancing PCC pada jaringan hotspot publik. *Jurnal Media Teknik Informatika*, 8(3), 76–82.
10. Rachman, F., & Nugroho, Y. (2020). Strategi load balancing pada MikroTik Router dengan metode PCC dan failover. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 3(1), 88–94.
11. Kusuma, H., & Wahyudi, A. (2018). Analisis bandwidth management dan load balancing dengan PCC pada jaringan RT/RW-Net. *Jurnal Networking*, 10(2), 31–38.
12. Wibowo, A. B., & Fathoni, M. (2019). Load balancing multi-WAN pada jaringan warnet menggunakan metode PCC. *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 4(1), 13–19.
13. Susanto, R., & Dewi, T. K. (2017). Pengaruh metode load balancing terhadap kestabilan jaringan. *Jurnal Teknologi Terapan*, 5(2), 20–27.
14. Nugraha, D., & Lestari, F. (2016). Studi komparatif failover manual dan otomatis dengan Netwatch di MikroTik Router. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 3(1), 14–21.
15. Harjito, D. A., & Rahmawati, N. (2018). Pengujian metode load balancing pada aplikasi video conference. *Jurnal Sistem Komputer*, 6(2), 53–58.
16. Fauzan, R., & Supriyadi, R. (2020). Desain dan implementasi multi-WAN load balancing pada jaringan kampus. *Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 7(1), 61–66.
17. Rahardian, E. (2021). Analisis pengaruh parameter PCC terhadap efisiensi load



- balancing. *Jurnal Teknologi dan Aplikasi Komputer*, 9(3), 44–51.
18. Wijaya, R., & Purnama, A. (2019). Studi performa jaringan MikroTik dengan berbagai metode load balancing. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 5(2), 98–105.
19. Fitria, N., & Pranata, Y. (2018). Implementasi PCC dan ECMP untuk optimasi trafik internet. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 4(3), 71–76.
20. Saputra, L. A., & Wahyuni, N. (2020). Penggunaan metode PCC dalam load balancing jaringan perusahaan. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika*, 8(1), 57–63.
21. Windasari, S. (2025). Eksplorasi Berbasis Simulasi Terhadap Algoritma Pathfinding A* untuk Navigasi Berbasis Grid. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(2), 14-24.
22. Indriyanti, P., Windasari, S., Hakim, R., & Rotib, A. A. (2025). Application of RED and PCQ Algorithms for Network Traffic Management in CBT Systems. *Elkom: Jurnal Elektronika dan Komputer*, 18(1), 73-85.
23. Bagaskoro, B. (2024). Pemanfaatan IoT Sebagai Teknologi Terkini di Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 80-86.
24. Ashidqi, M. D. (2025). ANALISIS EFISIENSI BATTERY PACK BERBASIS LFP 18650 UNTUK PLTS SKALA RESIDENSIAL DENGAN BEBAN BERVARIASI. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(2), 36-42.
25. Bagaskoro, B. (2024). Pemanfaatan IoT Sebagai Teknologi Terkini di Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 80-86.
26. Frihadi, A. (2024). PERANCANGAN INTERKONEKSI JARINGAN MENGGUNAKAN VPN BERBASIS INTERNET DENGAN IMPLEMENTASI IPV6. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 87-98.
27. Rotib, A. A. (2024). PUSAT DATA DAN LAYANAN CLOUD CENTER: JARINGAN PROTOKOL DAN MANAJEMEN. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 99-103.
28. Dama, M. (2024). ANALISIS KUALITAS LAYANAN (QOS) PADA STREAMING VIDEO DAN AUDIO MENGGUNAKAN PROTOKOL SRT (SECURE RELIABLE TRANSPORT). *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 104-109.