

Analisis Perbandingan Kinerja Metode *Load Balancing Per Connection Classifier* dan *Equal Cost Multi Path* pada Jaringan Internet

Jiyan Suhada^{1*}, Hari Setyawan²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Suryakencana No.1, Pamulang Bar., Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten

E-mail: dosen03139@unpam.ac.id

*Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5322>

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 26 Jan 2026

Revised: 01 Feb 2026

Accepted: 07 Feb 2026

Kata Kunci:

Load Balancing, PCC, ECMP, QoS, Jaringan Internet.

Keywords:

Load Balancing, PCC, ECMP, QoS, Internet Network.

ABSTRACT

Kebutuhan akan jaringan internet yang stabil dan andal semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah pengguna dan layanan berbasis digital. Load balancing merupakan salah satu solusi yang umum diterapkan untuk mendistribusikan trafik jaringan agar beban koneksi dapat terbagi secara merata. Dua metode load balancing yang sering digunakan adalah Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja kedua metode tersebut pada jaringan internet. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menerapkan konfigurasi PCC dan ECMP pada perangkat router dalam topologi jaringan yang sama. Pengujian dilakukan dengan skenario trafik yang identik, meliputi aktivitas browsing, streaming, dan pengunduhan data dengan melibatkan beberapa klien secara bersamaan. Parameter kinerja jaringan yang dianalisis meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss, serta stabilitas koneksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode PCC memiliki kinerja yang lebih baik dalam menjaga stabilitas koneksi dan konsistensi jalur trafik, terutama pada aplikasi berbasis sesi. Sementara itu, metode ECMP menunjukkan nilai throughput yang relatif lebih tinggi, namun cenderung mengalami fluktuasi dan ketidakstabilan pada koneksi tertentu. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa metode PCC lebih sesuai digunakan pada jaringan yang membutuhkan stabilitas koneksi tinggi, sedangkan ECMP dapat diterapkan pada jaringan dengan kebutuhan distribusi trafik yang sederhana.

The demand for stable and reliable internet networks continues to increase along with the rapid growth of users and digital-based services. Load balancing is a commonly used solution to distribute network traffic in order to balance the connection load efficiently. Two widely implemented load balancing methods are Per Connection Classifier (PCC) and Equal Cost Multi Path (ECMP). This study aims to analyze and compare the performance of PCC and ECMP methods in internet networks. The research method employed is an experimental approach by implementing PCC and ECMP configurations on routing devices within the same network topology. Testing was conducted using identical traffic scenarios, including browsing, streaming, and data downloading activities involving multiple concurrent clients. Network performance parameters analyzed in this study include throughput, delay, jitter, and packet loss, as well as connection stability. The results indicate that the PCC method performs better in maintaining connection stability and traffic path consistency, particularly for session-based applications. Meanwhile, the ECMP method achieves relatively higher throughput values but tends to experience fluctuations and connection instability under certain conditions. Based on the analysis, it can be concluded that PCC is more suitable for networks requiring high connection stability, whereas ECMP is appropriate for networks with simpler traffic distribution requirements.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Jiyan Suhada, et al. (2026). Analisis Perbandingan Kinerja Metode *Load Balancing Per Connection Classifier* dan *Equal Cost Multi Path* pada Jaringan Internet, 4(3). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.5322>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong peningkatan kebutuhan akan jaringan internet yang cepat, stabil, dan andal. Internet tidak hanya digunakan untuk aktivitas dasar seperti browsing dan komunikasi, tetapi juga telah menjadi infrastruktur utama bagi berbagai layanan digital, seperti pembelajaran daring, sistem informasi berbasis web, layanan streaming, serta aplikasi bisnis dan pemerintahan. Tingginya ketergantungan terhadap internet menyebabkan kualitas layanan jaringan menjadi faktor yang sangat penting untuk diperhatikan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah pengguna dan intensitas trafik data, jaringan internet sering kali menghadapi permasalahan berupa ketidakseimbangan beban koneksi, penurunan kualitas layanan, serta ketidakstabilan koneksi. Kondisi tersebut dapat berdampak pada menurunnya kinerja jaringan, yang ditandai dengan meningkatnya delay, jitter, dan packet loss, serta tidak optimalnya pemanfaatan bandwidth.(Nugroho et al., 2023) Oleh karena itu, diperlukan suatu mekanisme manajemen trafik jaringan yang mampu mendistribusikan beban koneksi secara merata dan efisien.

Salah satu solusi yang banyak diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah load balancing. Load balancing berfungsi untuk membagi trafik jaringan ke beberapa jalur atau koneksi yang tersedia sehingga beban tidak terpusat pada satu jalur tertentu. Dengan penerapan load balancing, diharapkan kualitas layanan jaringan dapat ditingkatkan, baik dari sisi kecepatan akses, kestabilan koneksi, maupun keandalan layanan. Berbagai metode load balancing telah dikembangkan dan digunakan dalam jaringan komputer, di antaranya Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP).

Metode PCC bekerja dengan mengelompokkan koneksi berdasarkan parameter tertentu, seperti alamat IP sumber, alamat IP tujuan, dan port, sehingga setiap koneksi akan diarahkan melalui jalur yang sama selama sesi komunikasi berlangsung. Pendekatan ini dinilai efektif dalam menjaga stabilitas koneksi, terutama pada aplikasi berbasis sesi. Sementara itu, metode ECMP memanfaatkan beberapa jalur routing dengan biaya yang sama untuk mendistribusikan trafik secara merata.(Farizi, 2026) ECMP relatif mudah diimplementasikan dan mampu meningkatkan throughput jaringan, namun berpotensi menimbulkan ketidakstabilan pada koneksi tertentu akibat perpindahan jalur trafik.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas implementasi dan kinerja masing-masing metode load balancing tersebut. Namun, hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan karakteristik dan performa antara metode PCC dan ECMP, tergantung pada kondisi jaringan dan jenis trafik yang digunakan. (Haryono et al., 2024)Oleh karena itu, diperlukan analisis perbandingan yang komprehensif untuk mengetahui metode load balancing yang paling sesuai dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan internet.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja metode load balancing PCC dan ECMP pada jaringan internet. Analisis dilakukan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS) yang meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss, serta stabilitas koneksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah serta menjadi referensi bagi administrator jaringan dalam menentukan metode load balancing yang tepat sesuai dengan kebutuhan dan karakteristik jaringan yang dikelola.

Kajian teoritis merupakan landasan konseptual yang digunakan untuk mendukung dan memperkuat penelitian ini. Pada bagian ini dibahas teori, konsep, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian, meliputi konsep load balancing pada jaringan internet, metode Per Connection Classifier (PCC), metode Equal Cost Multi Path (ECMP), serta parameter Quality of Service (QoS) yang digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja jaringan.

Load Balancing pada Jaringan Internet

Load balancing merupakan mekanisme pembagian beban trafik jaringan ke beberapa jalur atau link yang tersedia dengan tujuan meningkatkan pemanfaatan bandwidth secara optimal, mengurangi kemacetan jaringan, serta meningkatkan keandalan dan ketersediaan layanan.(Frihadi et al., 2025) Dengan mendistribusikan trafik secara merata, load balancing dapat mencegah terjadinya penumpukan beban pada satu jalur tertentu yang berpotensi menyebabkan penurunan kualitas layanan, seperti meningkatnya delay, jitter, dan packet loss. Selain itu, penerapan load balancing memungkinkan jaringan untuk menangani jumlah pengguna dan volume trafik yang lebih besar tanpa mengorbankan performa.(Dewanto et al., 2018)

Metode Per Connection Classifier (PCC)

Metode Per Connection Classifier (PCC) merupakan salah satu teknik load balancing yang bekerja dengan cara mengklasifikasikan setiap koneksi jaringan berdasarkan parameter tertentu, seperti alamat IP sumber, alamat IP tujuan, serta nomor port yang digunakan. (Setiawan Putra & Razaq, 2025) Proses klasifikasi ini dilakukan melalui mekanisme hashing, sehingga setiap koneksi yang terbentuk akan dipetakan ke jalur atau gateway tertentu secara deterministik. (Novianto & Japriadi, 2021) Dengan pendekatan tersebut, setiap sesi komunikasi akan diarahkan melalui jalur yang sama selama koneksi masih aktif.

Keunggulan utama dari metode PCC terletak pada kemampuannya dalam menjaga konsistensi jalur per koneksi, yang berarti paket-paket data dari satu sesi komunikasi tidak berpindah-pindah jalur selama proses transmisi berlangsung. (Mustofa et al., 2023) Hal ini sangat penting bagi aplikasi yang bersifat session-based, seperti layanan web berbasis HTTPS, streaming multimedia, dan aplikasi daring lainnya, karena perubahan jalur koneksi dapat menyebabkan gangguan sesi, penurunan kualitas layanan, atau bahkan pemutusan koneksi. (Putra & Anton, 2024)

Metode Equal Cost Multi Path (ECMP)

Equal Cost Multi Path (ECMP) merupakan salah satu pendekatan routing multipath yang memungkinkan penggunaan lebih dari satu jalur transmisi data dengan nilai biaya (cost) yang sama dalam tabel routing. (Fathurrohman & Basuki, 2025) Pada metode ini, ketika terdapat beberapa rute menuju tujuan yang memiliki cost identik, router akan mendistribusikan trafik dengan memilih salah satu jalur tersebut untuk proses forwarding paket. Mekanisme ini bertujuan untuk mengurangi beban pada satu jalur tertentu serta meningkatkan pemanfaatan sumber daya jaringan secara keseluruhan. Distribusi trafik pada ECMP umumnya dilakukan berdasarkan algoritma tertentu, seperti hashing terhadap alamat IP sumber dan tujuan atau parameter header paket lainnya. Dengan mekanisme tersebut, ECMP dapat membantu pemerataan beban trafik dan meningkatkan kapasitas efektif jaringan. Namun, karena pemilihan jalur dilakukan pada level routing, ECMP tidak secara eksplisit mempertahankan konsistensi jalur untuk setiap sesi koneksi. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketidakstabilan pada aplikasi berbasis sesi, terutama ketika terjadi perpindahan jalur selama proses komunikasi berlangsung. (Ahmadi et al., 2025)

Quality of Service (QoS) untuk Evaluasi Kinerja

Quality of Service (QoS) merupakan sekumpulan parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi performa dan kualitas suatu jaringan komputer. Pengukuran QoS bertujuan untuk mengetahui sejauh mana jaringan mampu memberikan layanan yang optimal kepada pengguna, baik dari sisi kecepatan, kestabilan, maupun keandalan transmisi data. (Pratama et al., 2024) Dalam penelitian ini, QoS digunakan sebagai dasar evaluasi kinerja jaringan untuk membandingkan efektivitas metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP).

Parameter QoS yang digunakan meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss. Throughput merepresentasikan laju data efektif yang berhasil diterima oleh pengguna dalam satuan waktu tertentu. Nilai throughput yang tinggi menunjukkan bahwa jaringan mampu memanfaatkan bandwidth secara optimal dalam mendukung aktivitas pertukaran data. Delay merupakan waktu yang dibutuhkan oleh paket data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. (Rachmad Anwar & Priyawati, 2024) Nilai delay yang rendah mencerminkan respons jaringan yang baik, khususnya untuk aplikasi yang membutuhkan interaksi secara real-time.

Stabilitas Koneksi dan Aplikasi Berbasis Sesi

Berbagai studi implementatif melaporkan bahwa penerapan PCC cenderung menghasilkan stabilitas koneksi yang lebih baik dibandingkan metode load balancing yang bersifat lebih routing-centric, seperti Equal Cost Multi Path (ECMP). (Rahmadhani et al., 2024) Pada metode routing-centric, distribusi trafik dilakukan berdasarkan jalur routing yang tersedia tanpa mempertimbangkan keterikatan sesi secara spesifik, sehingga paket-paket dalam satu sesi berpotensi melewati jalur yang berbeda. Hal tersebut dapat memengaruhi konsistensi koneksi dan menurunkan kualitas layanan pada aplikasi yang sensitif terhadap perubahan jalur. Oleh karena itu, PCC dinilai lebih sesuai untuk mendukung layanan jaringan yang membutuhkan kontinuitas dan kestabilan koneksi dalam jangka waktu tertentu.

METODE

Metode penelitian pada penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan tahapan pengujian dan analisis yang digunakan dalam membandingkan kinerja metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP) pada jaringan internet. Pendekatan yang digunakan adalah metode eksperimental dengan pengukuran parameter Quality of Service (QoS) sebagai indikator kinerja jaringan.

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif. Metode eksperimental dipilih karena penelitian dilakukan dengan menguji secara langsung kinerja dua metode load balancing, yaitu Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP), pada lingkungan jaringan yang dikonfigurasi secara terkontrol. (Iskandar & Pamungkas, 2022) Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur dan membandingkan kinerja jaringan berdasarkan parameter Quality of Service (QoS) yang dihasilkan dari masing-masing metode.

Objek penelitian

Objek penelitian ini adalah kinerja jaringan internet yang menerapkan metode load balancing PCC dan ECMP pada perangkat router. Lingkup penelitian dibatasi pada:

1. Pengujian dua metode load balancing, yaitu PCC dan ECMP
2. Parameter kinerja jaringan yang dianalisis meliputi throughput, delay, jitter, packet loss, serta stabilitas koneksi
3. Pengujian dilakukan pada topologi jaringan yang sama untuk kedua metode, sehingga perbedaan hasil yang diperoleh hanya dipengaruhi oleh metode load balancing yang digunakan

Topologi dan Lingkungan Pengujian

Penelitian dilakukan menggunakan topologi jaringan yang terdiri dari satu perangkat router, dua jalur koneksi internet, perangkat distribusi jaringan (switch/access point), serta beberapa klien pengguna. Router dikonfigurasi secara bergantian menggunakan metode PCC dan ECMP dengan kondisi jaringan yang sama.

Lingkungan pengujian meliputi :

1. Perangkat router berbasis RouterOS
2. Beberapa klien aktif yang menghasilkan trafik secara bersama
3. Jenis trafik berupa browsing web, streaming video, dan pengunduhan data

Konfigurasi jaringan dibuat seragam untuk kedua metode guna menjamin objektivitas hasil pengujian

Skenario Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menerapkan dua skenario utama, yaitu:

Skenario PCC

Router dikonfigurasi menggunakan metode Per Connection Classifier untuk mendistribusikan koneksi klien ke jalur internet yang tersedia berdasarkan klasifikasi koneksi.

Skenario ECMP

Router dikonfigurasi menggunakan metode Equal Cost Multi Path untuk mendistribusikan trafik melalui beberapa jalur routing dengan biaya yang sama.

Pada masing-masing skenario, jumlah klien dan jenis trafik dibuat sama agar hasil pengujian dapat dibandingkan secara langsung.

Parameter Pengukuran

Parameter kinerja jaringan yang diukur dalam penelitian ini meliputi:

1. Throughput, yaitu jumlah data yang berhasil ditransmisikan per satuan waktu
2. Delay, yaitu waktu tempuh paket data dari sumber ke tujuan
3. Jitter, yaitu variasi delay antar paket
4. Packet loss, yaitu persentase paket data yang hilang selama transmisi
5. Stabilitas koneksi, yang diamati berdasarkan konsistensi sesi koneksi dan keberlangsungan layanan selama pengujian

Parameter-parameter tersebut digunakan sebagai indikator Quality of Service (QoS) untuk menilai performa jaringan.

Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

1. Monitoring trafik jaringan secara langsung selama pengujian

2. Pencatatan hasil pengukuran parameter QoS pada masing-masing skenario
3. Pengambilan data dilakukan dalam rentang waktu tertentu dan diulang beberapa kali untuk memperoleh nilai rata-rata yang representatif

Untuk menjaga validitas penelitian, pengujian dilakukan pada kondisi jaringan yang sama, dengan parameter dan skenario trafik yang identik pada kedua metode load balancing. Dengan demikian, perbedaan hasil yang diperoleh dapat dikaitkan secara langsung dengan metode load balancing yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian dan pembahasan mengenai perbandingan kinerja metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP) pada jaringan internet. Hasil pengujian diperoleh melalui serangkaian eksperimen dengan skenario dan parameter yang telah ditetapkan sebelumnya, kemudian dianalisis berdasarkan parameter Quality of Service (QoS) yang meliputi throughput, delay, jitter, packet loss, serta stabilitas koneksi. Pembahasan dilakukan untuk menginterpretasikan perbedaan kinerja kedua metode tersebut berdasarkan data yang diperoleh.

Hasil Pengukuran Quality of Service (QoS)

Pengukuran Quality of Service (QoS) dilakukan untuk menilai kinerja jaringan internet yang menerapkan metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP). Parameter yang dianalisis meliputi throughput, delay, jitter, packet loss, serta stabilitas koneksi. Nilai yang disajikan merupakan rata-rata dari beberapa kali pengujian pada skenario trafik yang sama.

Hasil Pengukuran Throughput

Tabel 1. Hasil pengukuran

Metode	Throughput Rata-rata (Mbps)	Kategori
PCC	18,6	Baik
ECMP	19,8	Baik

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa metode ECMP memiliki nilai throughput rata-rata sedikit lebih tinggi dibandingkan PCC. Hal ini disebabkan oleh mekanisme ECMP yang mendistribusikan trafik melalui beberapa jalur routing dengan biaya yang sama, sehingga mampu memanfaatkan bandwidth secara optimal. Meskipun demikian, throughput pada metode PCC tetap berada pada kategori baik dan menunjukkan kestabilan yang lebih konsisten pada kondisi trafik tinggi.

Hasil Pengukuran Delay (Latency)

Tabel 2. Hasil Pengukuran Delay

Metode	Delay Rata-rata (ms)	Kategori
PCC	18	Sangat Baik
ECMP	27	Sangat Baik

Metode PCC menghasilkan nilai delay yang lebih rendah dibandingkan ECMP. Hal ini terjadi karena PCC mempertahankan jalur koneksi yang sama selama sesi berlangsung, sehingga waktu tempuh paket lebih stabil. Pada metode ECMP, kemungkinan perpindahan jalur menyebabkan variasi waktu tempuh paket meskipun masih dalam kategori sangat baik.

Hasil Pengukuran Jitter

Tabel 3. Hasil Pengukuran Jitter

Metode	Jitter Rata-rata (ms)	Kategori
PCC	3,2	Sangat Baik
ECMP	7,9	Sangat Baik

Nilai jitter pada metode PCC lebih rendah dibandingkan ECMP, menunjukkan kestabilan interval pengiriman paket yang lebih baik. Hal ini sangat penting untuk aplikasi real-time seperti streaming video dan konferensi daring. Meskipun ECMP masih berada pada kategori sangat baik, fluktuasi jitter relatif lebih tinggi dibandingkan PCC.

Hasil Pengukuran Packet Loss

Tabel 4. Hasil Pengukuran Packet Loss

Metode	Packet Loss (%)	Kategori
--------	-----------------	----------

PCC	0,8	Sangat Baik
ECMP	2,4	Baik

Metode PCC menunjukkan persentase packet loss yang lebih rendah dibandingkan ECMP. Hal ini mengindikasikan bahwa PCC lebih efektif dalam menjaga keutuhan paket data selama proses transmisi, terutama pada kondisi trafik padat. Pada metode ECMP, packet loss cenderung lebih tinggi akibat ketidakkonsistenan jalur trafik

Hasil Pengamatan Stabilitas Koneksi

Tabel 5. Hasil Pengamatan Stabilitas Koneksi

Metode	Stabilitas Koneksi	Kategori
PCC	Sangat Stabil	Sangat Baik
ECMP	Kurang Stabil	Cukup

Pengamatan menunjukkan bahwa metode PCC mampu menjaga kestabilan sesi koneksi tanpa terjadinya pemutusan layanan selama pengujian. Sebaliknya, metode ECMP menunjukkan beberapa gangguan pada koneksi berbasis sesi, seperti pemutusan sementara pada aplikasi web dan streaming.

Instrumen Pengukuran dan Tools yang Digunakan

Instrumen Pengukuran Kinerja Jaringan

Instrumen pengukuran dalam penelitian ini digunakan untuk memperoleh data kuantitatif terkait kinerja jaringan internet pada penerapan metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP). Instrumen difokuskan pada pengukuran parameter Quality of Service (QoS) dan stabilitas koneksi.

Parameter dan instrumen pengukuran yang digunakan meliputi:

Tabel 6. Parameter dan instrumen pengukuran

Parameter QoS	Instrumen Pengukuran	Keterangan
Throughput	Traffic monitor & bandwidth test	Mengukur kecepatan transfer data aktual
Delay	Ping & latency monitoring	Mengukur waktu tempuh paket data
Jitter	Analisis variasi delay	Mengukur kestabilan interval pengiriman paket
Packet Loss	Packet monitoring	Mengukur persentase paket yang hilang
Stabilitas koneksi	Monitoring sesi & koneksi aktif	Mengamati konsistensi jalur koneksi

Instrumen tersebut dipilih karena mampu memberikan data kuantitatif yang representatif terhadap performa jaringan dan sesuai dengan standar pengukuran QoS pada jaringan komputer.

Tabel 7. Skenario Pengujian Metode Load Balancing

No	Metode Load Balancing	Jumlah Klien	Jenis Trafik	Durasi Uji	Tujuan Pengujian
1	PCC	5	Browsing Web (HTTP/HTTPS)	10 menit	Mengukur throughput & delay
2	PCC	5	Streaming Video	10 menit	Mengukur jitter & stabilitas
3	PCC	5	Download File	10 menit	Mengukur packet loss
4	ECMP	5	Browsing Web (HTTP/HTTPS)	10 menit	Mengukur throughput & delay
5	ECMP	5	Streaming Video	10 menit	Mengukur jitter & stabilitas
6	ECMP	5	Download File	10 menit	Mengukur packet loss

Tabel 8. Skenario Pengujian Berdasarkan Beban Klien

No	Metode	Jumlah Klien	Beban Trafik	Keterangan
1	PCC	5	Rendah	Kondisi normal

2	PCC	10	Sedang	Jam sibuk simulasi
3	PCC	20	Tinggi	Trafik padat
4	ECMP	5	Rendah	Kondisi normal
5	ECMP	10	Sedang	Jam sibuk simulasi
6	ECMP	20	Tinggi	Trafik padat

Tabel 9. Parameter yang Diukur pada Setiap Skenario

Parameter	Alat Ukur	Satuan
Throughput	Bandwidth Test / Traffic Monitor	Mbps
Delay	Ping / Latency Monitor	ms
Jitter	Analisis Variasi Delay	ms
Packet Loss	Packet Monitoring	%
Stabilitas Koneksi	Monitoring Session	Deskriptif

Tabel 10. Waktu dan Pengulangan Pengujian

No	Waktu Pengujian	Jumlah Pengulangan	Tujuan
1	Jam normal	3 kali	Validasi kestabilan
2	Jam sibuk	3 kali	Uji performa maksimum

Instrumen Evaluasi Quality of Service (QoS)

Evaluasi QoS pada penelitian ini digunakan untuk menilai kinerja jaringan internet yang menerapkan metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP). Parameter QoS yang dievaluasi meliputi throughput, delay, jitter, dan packet loss. Penilaian dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran terhadap standar kualitas layanan jaringan yang umum digunakan.

Evaluasi Throughput

Menunjukkan kemampuan jaringan dalam mentransmisikan data secara efektif dalam satuan waktu tertentu. Semakin tinggi nilai throughput, semakin baik kinerja jaringan.

Tabel 11. Kategori Evaluasi Throughput

Kategori	Nilai Throughput
Sangat Baik	$\geq 75\%$ dari bandwidth maksimum
Baik	$50\% - < 75\%$
Cukup	$25\% - < 50\%$
Buruk	$< 25\%$

Interpretasi dari tabel 11 tersebut bahwa Throughput digunakan untuk menilai efisiensi pemanfaatan bandwidth pada masing-masing metode load balancing.

Evaluasi Delay (Latency)

Merupakan waktu tempuh paket data dari sumber ke tujuan, diukur dalam milidetik (ms).

Tabel 12. Kategori Evaluasi Delay

Kategori	Delay (ms)
Sangat Baik	< 150 ms
Baik	$150 - 300$ ms
Cukup	$300 - 450$ ms
Buruk	> 450 ms

Interpretasi dari tabel 12 tersebut bahwa Delay rendah menunjukkan respon jaringan yang cepat dan nyaman bagi pengguna.

Evaluasi Jitter

Variasi delay antar paket yang dikirimkan dalam suatu aliran data.

Tabel 13. Kategori Evaluasi Jitter

Kategori	Jitter (ms)
Sangat Baik	< 20 ms
Baik	$20 - 50$ ms
Cukup	$50 - 100$ ms
Buruk	> 100 ms

Interpretasi dari tabel 13 tersebut bahwa Nilai jitter yang kecil sangat penting untuk aplikasi real-time seperti streaming dan konferensi video.

Evaluasi Packet Loss

Menunjukkan persentase paket data yang hilang selama proses transmisi.

Tabel 14. Kategori Evaluasi Packet Loss (TIPHON)

Kategori	Packet Loss (%)
Sangat Baik	0 – 1%
Baik	>1 – 3%
Cukup	>3 – 5%
Buruk	> 5%

Interpretasi dari tabel 14 tersebut bahwa Semakin kecil packet loss, semakin baik keandalan jaringan dalam mengirimkan data.

Setiap parameter QoS dievaluasi secara terpisah, kemudian hasilnya dianalisis secara komparatif antara metode PCC dan ECMP. Metode yang menghasilkan nilai QoS lebih baik dan konsisten pada sebagian besar parameter dinilai memiliki kinerja jaringan yang lebih unggul.

Tabel 15. Ringkasan Hasil Evaluasi QoS

Parameter QoS	Metode PCC	Kategori PCC	Metode ECMP	Kategori ECMP
Throughput (Mbps)	18,6	Baik	19,8	Baik
Delay (ms)	18	Sangat Baik	27	Sangat Baik
Jitter (ms)	3,2	Sangat Baik	7,9	Sangat Baik
Packet Loss (%)	0,8	Sangat Baik	2,4	Baik
Stabilitas Koneksi	Sangat Stabil	Sangat Baik	Kurang Stabil	Cukup

Berdasarkan tabel ringkasan hasil evaluasi Quality of Service (QoS), metode Per Connection Classifier (PCC) menunjukkan performa yang lebih konsisten pada hampir seluruh parameter QoS, khususnya pada delay, jitter, packet loss, dan stabilitas koneksi. Metode PCC memperoleh kategori Sangat Baik pada sebagian besar parameter, yang menandakan kemampuannya dalam menjaga kualitas layanan jaringan secara stabil. Sementara itu, metode Equal Cost Multi Path (ECMP) menunjukkan nilai throughput yang sedikit lebih tinggi dibandingkan PCC dan berada pada kategori Baik. Namun, pada parameter packet loss dan stabilitas koneksi, metode ECMP cenderung menghasilkan kategori yang lebih rendah dibandingkan PCC. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun ECMP mampu mendistribusikan trafik dengan baik, stabilitas koneksi pada layanan berbasis sesi masih menjadi keterbatasan utama. Secara keseluruhan, hasil evaluasi QoS menunjukkan bahwa metode PCC lebih unggul dalam menjaga kualitas dan kestabilan layanan jaringan internet, sedangkan metode ECMP lebih sesuai untuk kebutuhan distribusi trafik yang sederhana dan tidak terlalu sensitif terhadap kestabilan sesi.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis Quality of Service (QoS) terhadap penerapan metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan Equal Cost Multi Path (ECMP) pada jaringan internet, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode Per Connection Classifier (PCC) menunjukkan kinerja yang lebih unggul dalam menjaga stabilitas koneksi, khususnya pada layanan berbasis sesi. Hal ini ditunjukkan oleh nilai delay, jitter, dan packet loss yang lebih rendah serta konsistensi jalur koneksi selama proses pengujian.
2. Metode Equal Cost Multi Path (ECMP) menghasilkan nilai throughput rata-rata yang sedikit lebih tinggi dibandingkan PCC, yang menunjukkan kemampuannya dalam memanfaatkan beberapa jalur koneksi secara bersamaan. Namun, keunggulan tersebut disertai dengan fluktuasi koneksi yang memengaruhi stabilitas sesi pada kondisi tertentu.
3. Secara keseluruhan, metode PCC lebih direkomendasikan untuk jaringan internet yang membutuhkan kualitas layanan tinggi dan kestabilan koneksi berkelanjutan, sedangkan metode ECMP lebih sesuai untuk jaringan dengan kebutuhan distribusi trafik yang sederhana dan konfigurasi yang lebih mudah.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji penerapan metode PCC dan ECMP pada skala jaringan yang lebih besar, dengan jumlah klien dan variasi trafik yang lebih beragam, guna memperoleh gambaran performa yang lebih komprehensif.
2. Perlu dilakukan pengujian tambahan dengan mengombinasikan load balancing dengan mekanisme failover, traffic shaping, atau manajemen bandwidth untuk mengetahui dampaknya terhadap kualitas layanan jaringan.
3. Penelitian selanjutnya juga dapat membandingkan metode PCC dan ECMP dengan metode load balancing lainnya, seperti NTH atau pendekatan berbasis Software Defined Networking (SDN), untuk memperoleh hasil perbandingan yang lebih luas.

REFERENSI

- Ahmadi, M. N., Risqiwati, D., & Muthohirin, B. F. (2025). *Optimalisasi Jaringan MikroTik Dengan Menggunakan Load Balancing PCC dengan Pendekatan PPDIOO*. <https://doi.org/10.33364/algorithm/v.22-2.2878>
- Dewanto, R., Munadi, R., & Negara, R. M. (2018). Improved Load Balancing on Software Defined Network-based Equal Cost Multipath Routing in Data Center Network. *Jurnal Infotel*, 10(3), 157. <https://doi.org/10.20895/infotel.v10i3.379>
- Farizi, A. (2026). *Analisis Efektivitas Load Balancing Menggunakan Per Connection Classifier (PCC) pada Router Mikrotik*. 2(01).
- Fathurrohman, M., & Basuki, A. (2025). Evaluation of Traffic Distribution Performance of ECMP and PCC+CAKE for Multi-ISP Load Balancing on Real Networks Based on Mikrotik. *Kinetik: Game Technology, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, and Control*, 4(4). <https://doi.org/10.22219/kinetik.v10i4.2374>
- Frihadi, A., Windasari, S., Bagaskoro, B., Dama, M., & Rotib, A. A. (2025). Analisis Performa Load Balancing Menggunakan PCC Method pada MikroTik Router. *Jurnal Ekselenta*, 2(1), 1–7.
- Haryono, N. A., Kerenzia, N., & Indriyanta, G. (2024). Tinjauan Performa Load Balancing Ecmp Dengan Nth Pada Implementasi Beberapa Jalur Internet. *Journal of Software Engineering and Multimedia (JASMED)*, 1(2), 83–94. <https://doi.org/10.20895/jasmed.v1i2.1339>
- Iskandar, J., & Pamungkas, B. D. (2022). Analisis Teknik Load Balancing Metode Per Connection Classifier (PCC) untuk Pembagian Beban Kerja Server. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 166–173. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1654>
- Mustofa, D., Wirasto, A., Arif Muttakin, Deuis Nur Astrida, & Dhanar Intan Surya Saputra. (2023). Implementation of Load Balancing Per Connection Classifier on Mikrotik for Internet Services at Private Vocational Schools. *SAGA: Journal of Technology and Information System*, 1(3), 104–113. <https://doi.org/10.58905/saga.v1i3.169>
- Novianto, D., & Japriadi, Y. S. (2021). Comparative Analysis of Performance Between Ecmp and Nth Methods in Implementation of Microtic-Based Dual Link Load Balancing Techniques. *Jurnal TAM (Technology Acceptance Model)*, 12(1), 80. <https://doi.org/10.56327/jurnaltam.v12i1.1045>
- Nugroho, K. T., Julianto, B., Tisna, D. R., & Nur M S, D. F. (2023). Quality Analysis of Service Load Balancing Using PCC, ECMP, and NTH Methods. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI)*, 12(1), 33–41. <https://doi.org/10.23887/janapati.v12i1.55894>
- Pratama, M. B., Mirza, A. H., Suryayusra, & Mukti, A. R. (2024). Implementation of Load Balancing Using PCC (Per-Connection Classifier) Method with Failover Based on MikroTik Router (Case Study at RSUD Siti Fatimah). *ARRUS Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 151–164. <https://doi.org/10.35877/jetech3112>
- Putra, A., & Anton, A. (2024). Implementation of Load Balancing With PCC Method And Failover Using Mikrotik At PT. Maxpower Indonesia. *JISA(Jurnal Informatika Dan Sains)*, 7(1), 78–82. <https://doi.org/10.31326/jisa.v7i1.2022>
- Rachmad Anwar, M. I., & Priyawati, D. (2024). Comparative Analysis of PCC and ECMP Methods in Load Balancing Using GNS3 Simulator. *Sistemasi*, 13(2), 458. <https://doi.org/10.32520/stmsi.v13i2.3954>
- Rahmadhani, R., Burhandenny, A. E., Wirawan, A. P., Suprihanto, D., & Nugroho, H. (2024). Analisis

QoS Menggunakan Load Balancing dengan Metode Nth Dan Failover Pada Mikrotik Di SMKN 1 PPU. *ELECTROPS Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 3(1), 8–9. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TE>

Setiawan Putra, R., & Razaq, J. A. (2025). Penerapan Load Balance Pcc Dan Ecmp Dalam Penggunaan Akses Jaringan Internet Setiap Hari Implementation of Pcc and Ecmp Load Balance in Daily Internet Network Access Usage. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 8(5), 1520–1527.