

Peningkatan Kinerja Jaringan Lan PPPoE Dengan Implementasi Load Balancing PCC Menggunakan Router Mikrotik

Muhammad Yuhul Fata¹, Indrawati^{2*}, Ilham Safar³

^{1,2,3} *Jurusan Tekniknologi Informasi dan Komputer Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA*

¹moh.yohalfata@pnl.ac.id

^{2*}indrawati@pnl.ac.id

³ilham_safar@pnl.ac.id

Abstrak— Dalam era teknologi informasi yang semakin berkembang, jaringan komputer menjadi elemen penting dalam menyediakan konektivitas yang efisien dan efektif antara perangkat-perangkat komputer. Namun, seringkali terjadi masalah seperti beban trafik yang tidak merata di antara jaringan yang terhubung, yang mengakibatkan penurunan kinerja jaringan dan kecepatan akses internet yang tidak optimal. Untuk mengatasi masalah ini, teknik load balancing dapat diterapkan dalam jaringan komputer. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah jaringan komputer dengan menggunakan teknik load balancing dan metode Per Connection Classifier (PCC) pada jaringan LAN PPPoE berbasis router MikroTik. Metode PCC dipilih karena mampu membagi beban trafik secara merata, sehingga menghindari terjadinya overload pada satu jalur koneksi. Dalam penelitian ini, implementasi pada jaringan LAN PPPoE menggunakan router MikroTik. Data diambil dengan melakukan pengukuran kecepatan akses internet sebelum dan sesudah penerapan teknik load balancing dengan metode PCC. Pengujian dilakukan untuk menganalisis pengaruh metode PCC pada penggunaan jaringan PPPoE dan untuk mengevaluasi kinerja jaringan setelah implementasi teknik load balancing. Dari data yang dianalisis didapatkan nilai setelah penerapan Load balancing meningkat dari yang semula 3,75 menjadi 4 berdasarkan standar QoS.

Kata kunci—Jaringan Komputer, Load Balancing, Per Connection Classifier, Quality of Service, Mikrotik.

Abstract— In an era of advancing information technology, computer networks have become a crucial element in providing efficient and effective connectivity among computer devices. However, often issues arise such as uneven traffic load among connected networks, resulting in a decrease in network performance and suboptimal internet access speed. To address these issues, load balancing techniques can be implemented in computer networks. This research aims to design a computer network using load balancing techniques and the Per Connection Classifier (PCC) method in a PPPoE-based LAN network with MikroTik routers. The PCC method was chosen because it can evenly distribute traffic load, thus avoiding overloading on a single connection path. In this research, the implementation is carried out on a PPPoE LAN network using MikroTik routers. Data is collected by measuring internet access speeds before and after the implementation of load balancing techniques with the PCC method. Testing is conducted to analyze the impact of the PCC method on PPPoE network usage and to evaluate network performance after the implementation of load balancing techniques. From the analyzed data, it was found that after the implementation of Load balancing, the value increased from the initial 3.75 to 4 according to the QoS standard.

Keywords— Network Computer, Load Balancing, Per Connection Classifier, Quality of Service, Mikrotik.

I. PENDAHULUAN

Indonesia saat ini memiliki banyak pengguna internet dengan peningkatan dari tahun ke tahun. Data bank dunia 2020 menunjukkan bahwa sebanyak 53,37% dari total populasi penduduk Indonesia tercatat sebagai pengguna internet aktif atar setara dengan 127,5 juta jiwa. Perkembangan yang pesat ini dapat mempengaruhi beban trafik karena server digunakan dengan jumlah yang berlebihan (overload). Sementara itu perusahaan, institusi pendidikan, dan kafe terkadang menggunakan lebih dari satu jaringan untuk memenuhi kebutuhannya[1].

Namun, penggunaan jaringan komputer sering kali menghadapi sejumlah tantangan, salah satunya adalah ketidakmerataan beban lalu lintas jaringan di antara jaringan yang terhubung. Masalah ini dapat mengakibatkan penurunan kinerja jaringan dan penurunan kecepatan akses internet. Untuk mengatasi masalah ini, penggunaan teknik load

balancing dalam jaringan komputer telah terbukti sangat bermanfaat.

Pada jaringan, ketika datang banyak beban trafik dan request dari pengguna jaringan, maka bisa jadi salah satu jalur koneksi (gateway) pada sistem jaringan akan menjadi lebih terbebani sehingga terjadi kemacetan. Solusi yang dapat dilakukan adalah dengan cara membagi-bagi beban trafik tersebut sehingga tidak berpusat pada salah satu jalur koneksi saja. Teknik inilah yang disebut dengan teknik load balancing[4].

Load balancing merupakan cara untuk menyebarkan tugas ke berbagai sumber daya. Dengan memproses tugas dan mengarahkan sesi di jalur yang berbeda, penyeimbangan beban membantu jaringan menghindari waktu henti yang mengganggu dan memberikan kinerja yang optimal kepada pengguna[2].

Penyebaran beban trafik dilakukan dengan memproses tugas dan mengarahkan sesi ke server yang berbeda. Hal ini

dilakukan dengan bantuan perangkat lunak atau perangkat keras yang disebut load balancer. Load balancer berfungsi untuk mengarahkan request dan sesi pengguna ke server yang tersedia, sesuai dengan algoritma penyeimbangan beban yang telah ditentukan. Dengan menggunakan teknik load balancing, jaringan dapat bekerja lebih efisien dan memberikan kinerja yang optimal kepada pengguna.

Manfaat dari sistem yang dibangun adalah dengan diterapkannya sistem load balancing maka dapat menyeimbangkan 2 koneksi internet kepada komputer client. Dan dengan dikombinasikannya fitur failover maka dapat mengurangi resiko terputusnya koneksi internet karena kedua ISP saling backup[3].

Peer-to-Peer Protocol over Ethernet adalah protokol jaringan yang digunakan untuk menghubungkan perangkat dalam jaringan berbasis Ethernet melalui sambungan PPP (Point-to-Point Protocol). PPPoE biasanya digunakan oleh penyedia layanan internet (ISP) untuk menyediakan akses internet bagi pelanggannya[3].

PPPoE digunakan untuk mengemas paket PPP ke dalam frame Ethernet sehingga dapat ditransmisikan melalui jaringan Ethernet. Hal ini memungkinkan koneksi PPPoE untuk dibuat melalui sambungan Ethernet seperti yang digunakan dalam jaringan lokal (LAN). Setiap perangkat yang terhubung ke jaringan PPPoE memiliki nama pengguna (username) dan kata sandi (password) yang diperlukan untuk mengakses jaringan[3].

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah jaringan komputer dengan mengintegrasikan teknik load balancing dan metode PCC ke dalam jaringan LAN PPPoE yang menggunakan router MikroTik. Selain itu, hasil dari integrasi ini akan dianalisis, dan kinerja jaringan akan dievaluasi sebelum dan setelah penerapan teknik load balancing dengan menggunakan metode PCC pada jaringan LAN PPPoE.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan manfaat praktis bagi pengguna jaringan komputer, terutama dengan mengoptimalkan kinerja jaringan dan mengatasi masalah ketidakmerataan lalu lintas. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Cloud Computing Politeknik Negeri Lhokseumawe. Dengan menerapkan teknologi load balancing menggunakan metode PCC pada jaringan LAN PPPoE, diharapkan masalah ketidakmerataan lalu lintas dapat teratasi dan kinerja jaringan secara keseluruhan dapat meningkat.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai rencana jalannya penelitian secara keseluruhan, mulai dari tahap pengumpulan data hingga analisis hasil. Langkah-langkah rinci dalam penelitian ini mencakup beberapa tahap penting

Pertama, dilakukan pengumpulan data awal terkait karakteristik jaringan dan performa jaringan LAN PPPoE sebelum penerapan teknologi load balancing dan metode Per Connection Classifier (PCC). Data awal ini mencakup parameter penting seperti throughput, delay, jitter, dan packet loss. Selanjutnya, dilakukan perancangan sistem yang akan menggambarkan secara detail bagaimana teknologi 25 load

balancing dan metode PCC akan diimplementasikan dalam jaringan LAN PPPoE. Perancangan ini mencakup konfigurasi teknis yang akan diterapkan pada perangkat router MikroTik.

Setelah perancangan selesai, tahap implementasi dilaksanakan dengan menerapkan konfigurasi load balancing dan metode PCC sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan sebelumnya. Proses ini akan memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Data hasil pengujian akan dikumpulkan, termasuk informasi mengenai throughput, delay, jitter, dan packet loss setelah implementasi load balancing dan metode PCC. Data ini akan menjadi dasar untuk dilakukannya analisis kinerja jaringan.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan data awal sebelum implementasi dengan data hasil pengujian setelah implementasi. Evaluasi kualitas jaringan akan dilakukan berdasarkan standar Quality of Service (QoS) yang relevan. Hasil analisis akan digunakan sebagai dasar untuk menarik kesimpulan mengenai pengaruh metode PCC terhadap penggunaan jaringan PPPoE. Selain itu, kesimpulan juga akan menggambarkan sejauh mana efektivitas teknologi load balancing dan metode PCC dalam meningkatkan kinerja jaringan secara keseluruhan.

B. Analisis Kebutuhan (Hardware/ Software)

Dalam menghadirkan implementasi penelitian ini, sejumlah perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) telah digunakan.

1. Perangkat Keras (Hardware)

- a. Personal Computer: Digunakan sebagai stasiun kerja pengguna dalam simulasi jaringan. Setiap komputer mewakili klien yang berpartisipasi dalam aktivitas jaringan, mencakup berbagai skenario pengujian.
- b. Routerboard Mikrotik HAP Lite: Merupakan perangkat inti yang berperan sebagai router dalam jaringan. Router Mikrotik ini dilengkapi dengan kemampuan untuk menerapkan teknik load balancing dengan metode Per Connection Classifier (PCC).

2. Perangkat Lunak (Software)

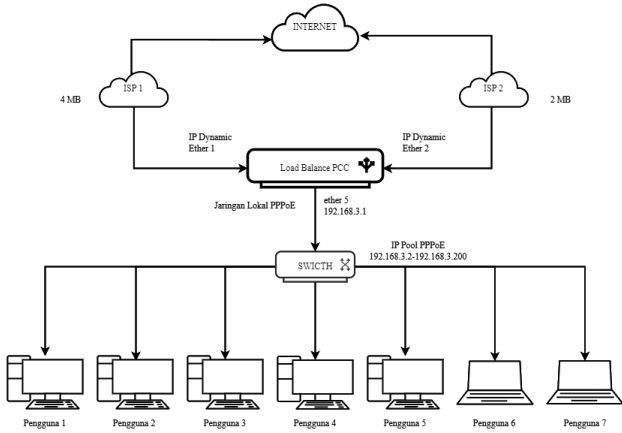
- a. Sistem Operasi Windows 11: Digunakan sebagai sistem operasi pada setiap Personal Computer untuk mengakomodasi simulasi jaringan.
- b. Winbox: Merupakan aplikasi manajemen jaringan yang digunakan untuk mengonfigurasi dan mengelola perangkat Router Mikrotik HAP Lite.
- c. Wireshark: Aplikasi analisis paket yang digunakan untuk memonitor lalu lintas jaringan, mengidentifikasi potensi masalah, dan mengamati perubahan dalam performa jaringan selama pengujian.

Infrastruktur perangkat keras dan perangkat lunak ini dirancang untuk memungkinkan simulasi yang akurat dan efisien dari teknik load balancing dengan metode PCC pada jaringan LAN PPPoE berbasis Router Mikrotik. Kombinasi dari perangkat keras dan perangkat lunak ini mendukung pengujian dan analisis yang cermat terhadap kualitas layanan

jaringan sebelum dan sesudah implementasi, sesuai dengan tujuan penelitian ini.

C. Perancangan Sistem

Desain topologi yang diterapkan adalah topologi yang ada pada saat ini yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Desain Topologi Jaringan

Topologi yang dijelaskan melibatkan 2 ISP (Internet Service Provider), 1 router mikrotik, 1 Switch, dan 7 client. Dalam topologi ini, terdapat dua ISP yang terhubung ke router. Dengan adanya dua ISP, topologi ini dapat memberikan keuntungan dalam hal redundancy dan load balancing. Redundansi memungkinkan jaringan untuk tetap aktif jika salah satu ISP mengalami gangguan atau downtime, sehingga koneksi internet tetap tersedia. Sementara itu, load balancing memungkinkan lalu lintas jaringan untuk dibagi secara merata di antara kedua ISP, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja jaringan dan mengurangi kemungkinan terjadinya bottleneck atau tumpukan lalu lintas pada satu ISP saja.

Untuk mengakses berbagai fitur yang tersedia dalam perangkat MikroTik, digunakan aplikasi Winbox. Winbox dapat dikonfigurasi melalui Command-line Interface (CLI) atau menggunakan menu-menu yang disediakan dalam antarmuka pengguna (UI).

Penerapan teknik load balancing bertujuan untuk meratakan distribusi beban trafik koneksi di dua atau lebih jalur koneksi agar trafik dapat berjalan secara optimal. Tujuannya adalah untuk memaksimalkan throughput bandwidth yang diberikan oleh penyedia layanan internet. Metode yang digunakan dalam load balancing dengan MikroTik adalah metode PCC. Metode PCC ini mengkategorikan paket data ke gateway dengan koneksi tertentu.

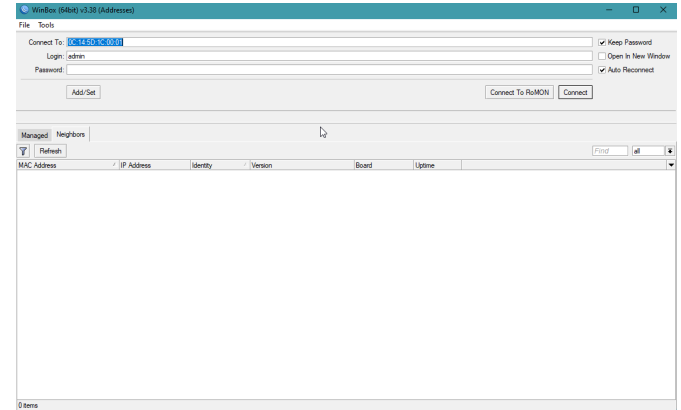
Dengan menggunakan PCC, MikroTik mengelompokkan lalu lintas koneksi yang akan masuk atau keluar dari router ke dalam beberapa kelompok. MikroTik akan menandai gateway yang dilewati oleh trafik koneksi pada awalnya. Sehingga, paket data berikutnya yang terkait dengan paket data sebelumnya akan diarahkan ke jalur gateway yang sama. Tabel 1 berikut menunjukkan desain pengelolaan alamat IP:

Tabel 1 desain manajemen alamat IP.

Antarmuka ke	ISP	Nama Antarmuka	Alamat IP
Ether 1	Permana	ISP-1	IP Dinamis
Ether 2	Permana	ISP-2	IP Dinamis
Ether 5	-	Lokal	192.168.3.1

D. Desain Antarmuka Pengguna

Berikut ini adalah desain user interface untuk tampilan login pada winbox dan menampilkan menu pada winbox:



Gambar 2 login winbox

E. Desain Evaluasi

Parameter yang akan di uji adalah *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *Jitter*. Aplikasi Wireshark untuk melihat dan menganalisa QoS Jaringan internet pada laboratorium cloud computing dengan skenario sebagai berikut.

Tabel 1 Skenario Pengujian

Skenario	Pengguna	Aktivitas	Ukuran Data	
Skenario 1	Pengguna 1	Download	100 MB	
	Pengguna 2	Download	100 MB	
	Pengguna 3	Streaming	10 menit	
Skenario 2	Pengguna 1	Streaming	5 menit	
	Pengguna 3	Download	30 mb	
	Pengguna 4	Idle	-	
	Pengguna 5	Idle	-	
Skenario 3	Pengguna 1	Download	20 mb	
	Pengguna 2	Upload	20 mb	
	Pengguna 3	Streaming	5 menit	
	Pengguna 6	Streaming	20 mb	
	Skenario 4	Pengguna 1	Download	20 mb
		Pengguna 2	Upload	20 mb
Pengguna 3		Upload	20 mb	
Pengguna 4		Streaming	5 menit	
Pengguna 5		Download	20 mb	
Pengguna 6		Streaming	20 mb	
Pengguna 7		Streaming	5 menit	

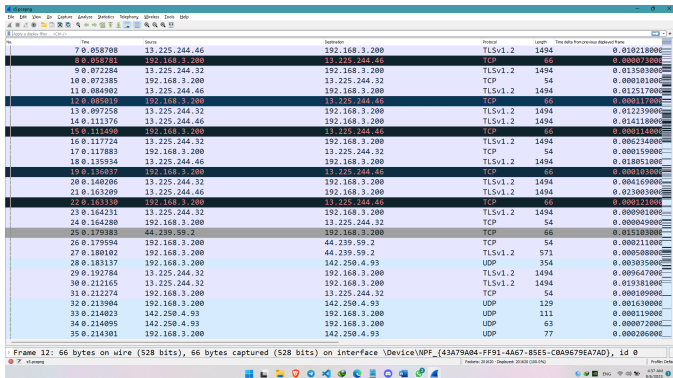
Tabel diatas akan memberikan informasi tentang kualitas layanan yang dihasilkan dari teknik load balancing menggunakan metode PCC pada jaringan dengan aktivitas yang berbeda dari client. Hasil dari percobaan ini akan digunakan untuk melakukan analisis dan evaluasi performa jaringan serta mengevaluasi efektivitas dari teknik load balancing yang diterapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

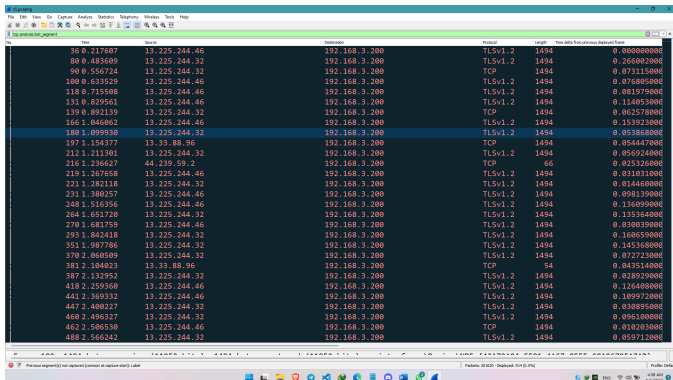
Pengujian dan analisis ini bertujuan untuk mengetahui QoS jaringan internet. Kapasitas masing-masing bandwidth yang akan di uji sampai dengan 10 Mbps untuk ISP 1 dan 5 Mbps untuk ISP 2. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut.

A. Struktur Hasil Pengukuran Menggunakan Wireshark

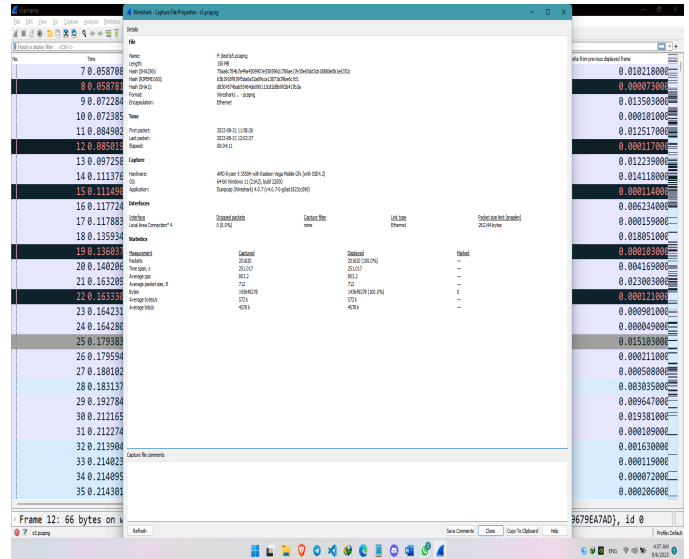
Pengukuran di lakukan untuk mengukur throughput, delay, jitter, dan packet loss dengan menggunakan Wireshark sebagai network analyser sesuai dengan standar yang di gunakan oleh industri saat ini. Saat aplikasi berjalan dengan interaksi pengguna, Wireshark di jalankan untuk menangkap parameter QoS jaringan. Pengolahan data hasil pengukuran parameter QoS terdiri hasil Pengukuran pada 7 client dengan skenario pengujian berikut.



Gambar 3 Struktur Wireshark



Gambar 4 Struktur Hasil Filter



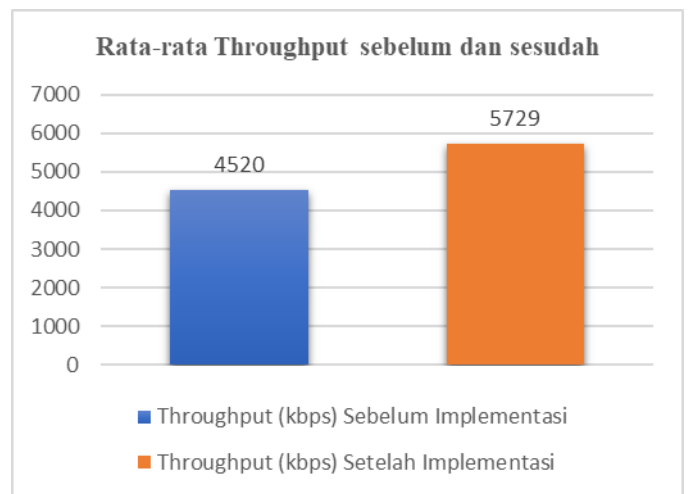
Gambar 5 analisis QoS dengan wireshark

B. Hasil pengukuran dan perhitungan QoS

Nilai yang dianalisa adalah nilai rata-rata dari hasil pengukuran dan perhitungan parameter Qos. Analisis dilakukan menggunakan skenario yang telah di buat sebelumnya di laboratoirum cloud computing sebelum dan sesudah hasil penelitian diimplementasikan. Pengukuran parameter Qos ini juga dilakukan dengan ISP terpisah selain itu parameter yang digunakan dalam pengukuran dan perhitungan QoS adalah troughput, delay, jitter, dan packet loss. Berikut ini adalah tabel dan grafik hasil dari pengukuran dan pengujian berdasarkan parameter QoS.

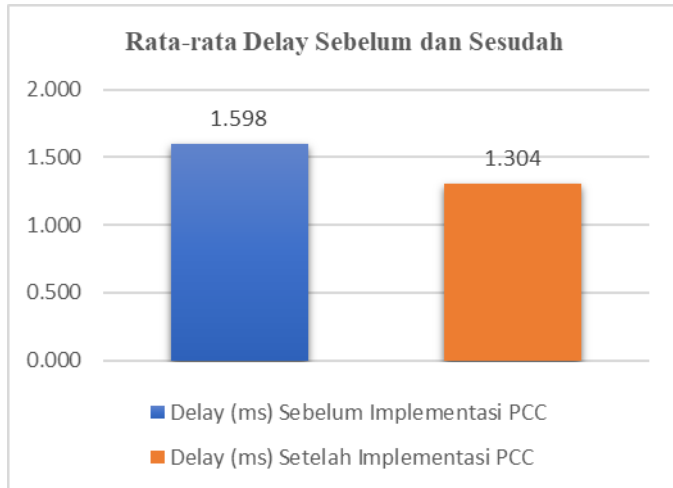
Tabel 2 rata-rata nilai pengujian

Parameter QoS	Sebelum Implementasi		Setelah Implementasi	
	Angka	Kualitas	Angka	Kualitas
Throughput	4520	4	5729	4
Delay	1.5983	4	1.3042	4
Jitter	0.0031	4	0.0008	4
Packet loss	0.3%	3	0.1%	4
Rata-rata		3.75		4



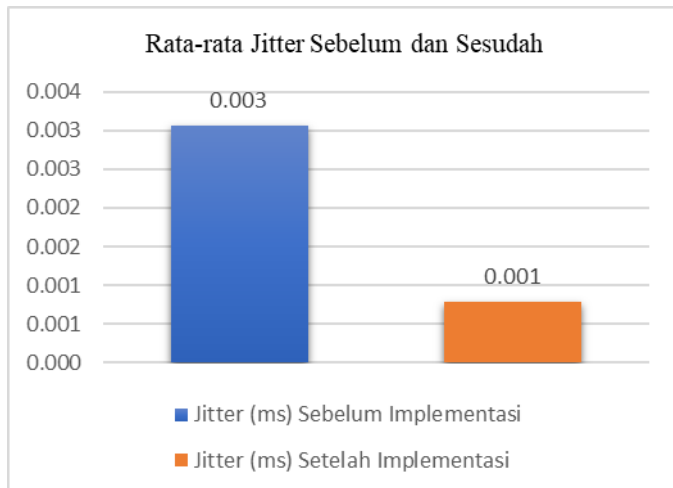
Gambar 5 rata-rata Throughput sebelum dan sesudah

Sebelum implementasi PCC, throughput jaringan memiliki rata-rata sebesar 4520 kbps dengan kualitas jaringan yang telah dinilai sebagai 4. Setelah implementasi PCC, terjadi peningkatan yang cukup mencolok dalam throughput dengan rata-rata mencapai 5729 kbps, tetap mempertahankan kualitas jaringan pada tingkat 4. Ini menunjukkan bahwa PCC berhasil mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan, memungkinkan pengiriman data yang lebih cepat dan efisien.



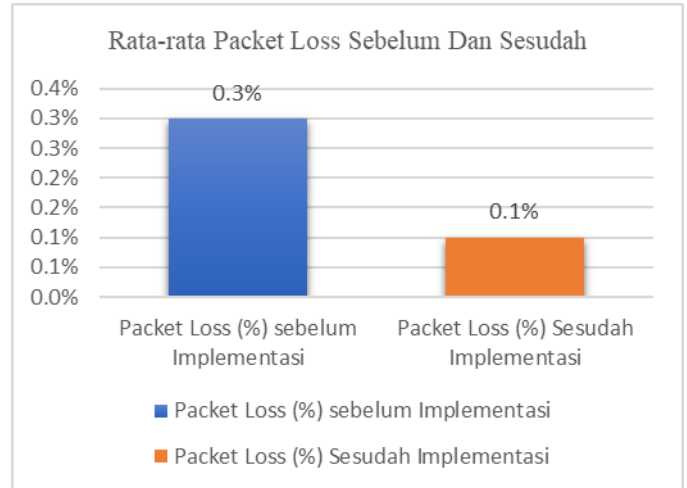
Gambar 5 rata-rata Delay sebelum dan sesudah

Sebelum implementasi PCC, throughput jaringan memiliki rata-rata sebesar 4520 kbps dengan kualitas jaringan yang telah dinilai sebagai 4. Setelah implementasi PCC, terjadi peningkatan yang cukup mencolok dalam throughput dengan rata-rata mencapai 5729 kbps, tetap mempertahankan kualitas jaringan pada tingkat 4. Ini menunjukkan bahwa PCC berhasil mengoptimalkan penggunaan sumber daya jaringan, memungkinkan pengiriman data yang lebih cepat dan efisien.



Gambar 5 rata-rata Jitter sebelum dan sesudah

Fluktuasi waktu tiba atau jitter mengalami perbaikan yang signifikan setelah PCC diterapkan. Sebelum implementasi, jitter memiliki rata-rata sebesar 0.0031 ms dengan kualitas jaringan rating 4. Setelah implementasi, jitter menurun tajam menjadi rata-rata 0.0008 ms, tetap pada tingkat kualitas jaringan 4. Ini menunjukkan bahwa PCC berhasil mengurangi fluktuasi dalam pengiriman data, yang sangat penting dalam aplikasi berbasis waktu dan streaming.



Gambar 5 rata-rata Packet Loss sebelum dan sesudah

Tingkat kehilangan paket atau packet loss mengalami penurunan yang signifikan setelah implementasi PCC. Sebelum implementasi, tingkat packet loss adalah sebesar 0.3% dengan kualitas jaringan rating 3. Setelah implementasi PCC, tingkat packet loss menurun tajam menjadi 0.1% dengan kualitas jaringan rating 4. Meskipun perubahan ini tidak signifikan, tingkat keberhasilan pengiriman data tetap tinggi setelah implementasi PCC, menjaga kualitas layanan yang baik.

Secara keseluruhan, analisis hasil menunjukkan bahwa implementasi teknik load balancing PCC pada jaringan LAN telah berhasil meningkatkan kualitas layanan. Hal ini terlihat dari peningkatan throughput, penurunan delay, jitter yang lebih rendah, dan tingkat kehilangan paket yang lebih baik. Rata-rata kualitas jaringan berdasarkan QoS pada tingkat 3.75 sebelum implementasi dan meningkat menjadi 4 setelah implementasi. Dengan demikian, hasil pengujian ini mengonfirmasi bahwa PCC adalah solusi yang efektif dalam meningkatkan kualitas dan kinerja jaringan. Rekomendasi kami adalah untuk terus mengoptimalkan penggunaan teknik PCC dalam jaringan Anda untuk mendukung penggunaan yang lebih stabil dan efisien di masa depan.

IV. KESIMPULAN

Peningkatan Kinerja Jaringan Lan PPPoE Dengan Implementasi Load Balancing PCC Menggunakan Router Mikrotik, yang diterapkan ketika ISP 1 mengalami kegagalan koneksi, maka ISP 2 akan segera mengambil alih trafik data yang ada sehingga koneksi internet dapat berjalan dengan baik. Sedangkan kinerja komputer yang menggunakan teknik load balancing dengan metode PCC dapat berjalan dengan

baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa penggunaan metode PCC telah membawa kontribusi penting dalam meningkatkan kualitas layanan jaringan. Dalam skenario penggunaan jaringan LAN PPPoE, metode PCC telah memberikan kemampuan untuk mendistribusikan beban lalu lintas secara efektif, menghasilkan peningkatan yang nyata dalam parameter Quality of Service (QoS) seperti throughput, delay, jitter, dan tingkat kehilangan paket data. Hal ini berarti bahwa penggunaan metode PCC pada jaringan PPPoE dapat meningkatkan kapasitas transfer data, mengurangi waktu tunda respons jaringan, mengoptimalkan stabilitas waktu tunda, dan menjaga integritas pengiriman data dengan nilai sebesar 3.75 sebelum implementasi dan pada setelah implementasi nilai meningkat menjadi 4.

REFERENSI

- [1] Amalia, E. R., Saputra, R., Ramadhana, C., & Yossy, E. H. (2023). Computer network design and implementation using load balancing technique with per connection classifier (PCC) method based on MikroTik router. *Procedia Computer Science*, 216, 103-111.
- [2] Rahman, T., Sulistianto, E., Sudiby, A., Sumarna, S., & Wijonarko, B. (2021). Per Connection Classifier Load Balancing dan Failover MikroTik pada Dua Line Internet. *JIKA (Jurnal Informatika)*, 5(2), 195-209.
- [3] Sadikin, N., & Ramadhan, F. R. (2019). Implementasi Load Balancing 2 (Dua) Isp Menggunakan Metode Per Connection Classifier (PCC). *Jurnal Maklumatika*, 194-203.
- [4] Saharuna, Z., Nur, R., & Sandi, A. (2020). Analisis Quality of Service Jaringan Load Balancing Menggunakan Metode PCC Dan NTH. *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), 131-136.