

Implementasi *Load Balancing* dan *Failover* menggunakan Metode PCC pada MikroTik

Muhammad Ikramullah¹, Atthariq^{2*}, Fachri Yanuar Rudi F³

^{1,2,3} Jurusan Teknologi Informasi dan Komputer, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Indonesia

*Penulis Korespondensi: atthariq.huzaifah@gmail.com

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja dan keandalan jaringan dengan mengimplementasikan teknik *load balancing* menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) pada router MikroTik. Dalam lingkungan jaringan yang semakin kompleks, kebutuhan akan koneksi internet yang stabil dan efisien terus meningkat. Dengan menggabungkan dua koneksi internet dari penyedia layanan yang berbeda, penelitian ini berusaha untuk mengatasi masalah seperti kemacetan jaringan, keterbatasan bandwidth, dan risiko terputusnya koneksi. Metode PCC memungkinkan pembagian lalu lintas jaringan secara cerdas berdasarkan karakteristik koneksi, sehingga beban dapat didistribusikan secara merata ke kedua jalur koneksi. Selain itu, fitur failover yang diimplementasikan memastikan bahwa jika salah satu koneksi mengalami gangguan, lalu lintas akan secara otomatis dialihkan ke koneksi yang masih aktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *load balancing* dengan metode PCC dan failover pada router MikroTik berhasil meningkatkan kinerja jaringan, terutama throughput dan stabilitas koneksi. Metode ini juga terbukti efektif dalam mengatasi bottleneck jaringan dan meningkatkan kualitas layanan.

Kata kunci: *load balancing*, PCC, MikroTik, failover, kinerja jaringan, bandwidth

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi komputer yang pesat menuntut perusahaan dan nonperusahaan untuk memiliki koneksi internet yang andal dan efisien. Dalam situasi ketika mobilitas kerja dan akses informasi menjadi sangat krusial, banyak organisasi menghadapi tantangan dalam mengelola dua jalur koneksi internet dari penyedia yang berbeda. Ketidakefektifan pemanfaatan bandwidth dan meningkatnya risiko terputusnya koneksi saat salah satu jalur mengalami gangguan menjadi kendala utama.

Salah satu solusi yang efektif adalah penerapan teknologi *load balancing* menggunakan metode PCC (*Per Connection Classifier*) pada router MikroTik. Teknologi ini memungkinkan pembagian beban trafik di antara dua jalur koneksi dan meningkatkan keandalan jaringan melalui teknik *failover*, yang secara otomatis mengalihkan lalu lintas jika salah satu jalur gagal.

Dalam penelitian ini, dilakukan tinjauan terhadap metode *Load Balancing* dan *Failover* berbasis PCC, yang telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi jaringan pada beberapa studi terdahulu. Fokus penelitian ini adalah mengimplementasikan teknologi tersebut pada jaringan perusahaan atau nonperusahaan untuk mengoptimalkan kinerja jaringan, meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth, serta memastikan ketersediaan layanan internet. Maksud dan tujuan penelitian ini adalah untuk:

- Menerapkan metode *failover* yang secara otomatis mengalihkan koneksi saat terjadi kegagalan pada salah satu jalur.
- Mengevaluasi kinerja jaringan setelah implementasi *Load Balancing* dan *Failover*, dengan mengukur throughput, latency, stabilitas koneksi, serta membandingkan kinerja sebelum dan sesudah penerapan solusi ini.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi yang optimal bagi perusahaan dalam meningkatkan performa dan keandalan jaringan internet mereka.

A. Load Balancing

Load Balancing merupakan konsep untuk menyeimbangkan beban atau muatan pada infrastruktur teknologi informasi, terutama dalam jaringan komputer yang semakin besar dan memiliki traffic data yang semakin tinggi. Tujuan utamanya adalah mendistribusikan akses ke sumber daya jaringan ke beberapa host, sehingga tidak terjadi penumpukan beban pada satu titik, yang berpotensi menurunkan kinerja jaringan secara keseluruhan.

Dalam implementasi Load Balancing di perangkat Mikrotik, beberapa komponen penting yang harus diperhatikan antara lain static route, policy route, firewall mangle, dan firewall src-nat. Firewall mangle digunakan untuk menandai paket sebelum dilakukan routing, sedangkan static route dan policy route bertugas mengatur kebijakan jalur uplink yang akan dilalui paket yang telah ditandai.

Terdapat berbagai metode Load Balancing yang dapat digunakan, seperti static route dengan address list, Equal Cost Multi Path (ECMP), Nth, dan Per Connection Classifier (PCC). Setiap metode ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, sehingga pemilihan metode harus disesuaikan dengan karakteristik jaringan yang akan diimplementasikan [11].

Secara umum, Load Balancing memungkinkan distribusi beban ke beberapa server atau perangkat sehingga tidak ada satu server yang terbebani secara berlebihan, meningkatkan stabilitas dan kinerja jaringan secara keseluruhan.

B. PCC (Per Connection Classifier)

PCC adalah salah satu metode yang digunakan dalam load balancing untuk mengelompokkan lalu lintas koneksi (traffic) yang melewati router menjadi beberapa kelompok, dengan tujuan mendistribusikan beban pada beberapa jalur koneksi internet secara seimbang. Pengelompokan ini dapat dilakukan berdasarkan alamat sumber (source address), alamat tujuan (destination address), atau port tujuan (destination port) [14].

Metode PCC memastikan bahwa paket data dari koneksi yang sama selalu melewati jalur gateway yang sama, sehingga menghindari pemecahan paket atau perpindahan jalur yang dapat mengganggu stabilitas koneksi. Dengan cara ini, setiap jalur akan dipergunakan secara optimal, dan router akan mencatat jalur gateway yang dilalui sejak awal. Pada paket-paket selanjutnya yang masih berkaitan dengan koneksi awal, router akan tetap menggunakan jalur yang sama, memastikan efisiensi dalam penggunaan bandwidth dan kinerja jaringan yang lebih stabil.

PCC tidak membagi paket secara langsung, melainkan menandai koneksi berdasarkan parameter yang diberikan, seperti alamat IP sumber, tujuan, dan port. Teknik ini memungkinkan lalu lintas terdistribusi dengan baik tanpa menyebabkan overload pada satu jalur koneksi [9].

C. Failover

Failover adalah sistem proteksi yang secara otomatis mengalihkan jalur koneksi ke network cadangan ketika jalur utama mengalami gangguan. Failover merupakan bagian dari load balancing yang berfungsi untuk memastikan ketersediaan koneksi jaringan secara terus-menerus [9]. Sistem ini sangat berguna dalam situasi di mana koneksi internet sangat penting, seperti di perusahaan atau instansi yang menggunakan internet sebagai bagian vital dari operasional mereka.

Dalam penerapannya, failover sering digunakan bersama dengan teknologi seperti hotspot dan load balancing, terutama di ruang publik seperti perpustakaan atau kampus. Dengan menggabungkan failover dan load balancing, lalu lintas internet dapat didistribusikan secara merata ke beberapa penyedia layanan internet (ISP), dan ketika salah satu koneksi terputus, jalur cadangan akan otomatis mengambil alih [3].

Koneksi internet yang andal sangat penting bagi perusahaan modern. Masalah seperti koneksi yang buruk atau terputusnya jaringan dapat menghambat operasi perusahaan, terutama jika hanya menggunakan satu ISP. Oleh karena itu, perusahaan dapat menggunakan metode dua jalur ISP yang didukung oleh load balancing dan failover pada router Mikrotik untuk membagi beban data, meningkatkan throughput, serta mengurangi risiko gangguan pada jalur koneksi utama [10]. Jika terjadi kegagalan pada ISP utama, jalur cadangan akan menjaga konektivitas jaringan tetap berjalan optimal.

D. Mikrotik

MikroTik adalah perusahaan yang mengembangkan perangkat keras jaringan dan sistem operasi bernama RouterOS, yang berbasis kernel Linux. RouterOS menawarkan berbagai fitur jaringan seperti routing, firewall, manajemen bandwidth, hotspot, dan lainnya. MikroTik populer karena fiturnya yang lengkap serta harga yang lebih terjangkau dibandingkan produk sejenis dari vendor lain, menjadikannya pilihan ideal untuk membangun jaringan yang kompleks dengan biaya lebih rendah [15].

Dalam konteks penelitian terkait load balancing menggunakan metode PCC dan failover, MikroTik sangat relevan karena RouterOS mendukung implementasi teknik ini. Dengan fitur load balancing yang bisa diatur menggunakan metode PCC, RouterOS memungkinkan pembagian trafik jaringan secara merata di antara beberapa jalur koneksi, memastikan stabilitas dan efisiensi dalam distribusi beban trafik internet.

E. Wireshark

Wireshark adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisis paket data dalam jaringan [4].

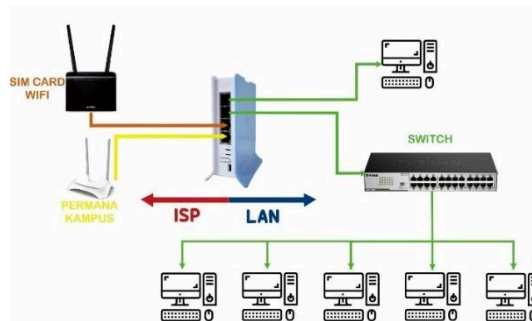
Sebagai network analyzer, Wireshark mampu menangkap dan menampilkan paket dari berbagai protokol seperti HTTP, DNS, DHCP, dan ICMP. Wireshark membantu pengguna melihat secara detail informasi yang melewati jaringan, sehingga bisa digunakan untuk memonitor dan menganalisis proses pengiriman data dari komputer ke web tujuan.

Selain untuk analisis jaringan, Wireshark juga sering digunakan untuk sniffing, yaitu menangkap informasi penting seperti kata sandi yang melewati jaringan. Alat ini sangat berguna bagi administrator jaringan dalam troubleshooting, menganalisis kinerja jaringan, pengembangan protokol, dan pendidikan. Dengan kemampuannya menangkap berbagai jenis paket dan protokol, Wireshark memberikan wawasan mendalam tentang interaksi data di jaringan.

2. Metode

A. Rancangan Sistem (software/hardware)

Rancangan sistem implementasi Load Balancing dan Failover menggunakan metode PCC pada Mikrotik melibatkan integrasi perangkat lunak (software) untuk mengoptimalkan dan mengurangi down time pada jaringan internet. Berikut adalah rancangan sistem yang pada Gambar 1.



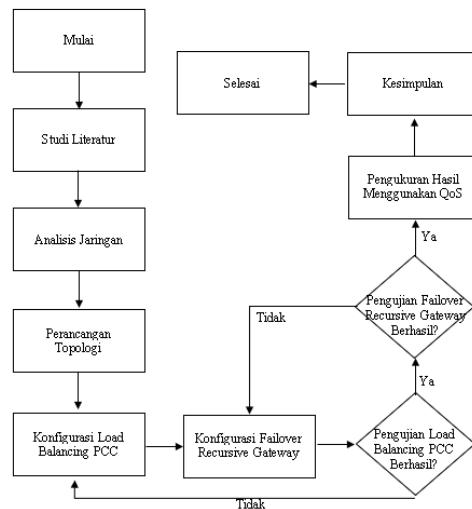
Gambar 1. Skema Jaringan Loadbalancing dan Failover

Konsep yang akan dianalisis yaitu konsep metode Load Balancing menggunakan PCC, metode ini merupakan solusi untuk mengoptimalkan bandwith, serta menggunakan failover untuk memindahkan ISP A ke ISP B secara otomatis ketika salah satu ISP down, metode ini dilakukan oleh seorang network administrator. Metode ini sangat penting mengingat sangat dibutuhkannya informasi perihal sistem jaringan apakah up atau down dengan cepat sehingga dapat segera dilakukan kegiatan penanggulangan jika internet down dengan cepat oleh operator yang bertanggung jawab.

Topologi ini menggunakan 2 ISP, untuk menjalankan load balancing PCC serta failover, pada router Mikrotik terdapat 4 eth interface, dimana pada eth0 meminta IP address yang terhubung dengan ISP 1, kemudian pada eth1 meminta IP address yang terhubung dengan ISP 2. Pada eth3 dan eth4 di berikan IP Address 10.10.10.1 yang terhubung dengan jaringan local/LAN yang di distribusikan oleh Ethernet Switch, eth4 ini digunakan hanya Ketika keadaan darurat jika eth2 yang terhubung dengan jaringan local tidak berfungsi. Pada router Mikrotik urutan awal eth dimulai dari angka 0, setelah ISP 1 dan ISP 2 dikonfigurasi kemudian terhubung dengan router, maka PC Client bisa menikmati layanan internet, dengan jalur paket data dari internet (ISP 1 dan ISP 2) menuju Ethernet switch kemudian langsung menuju PC client, dan jika salah satu ISP mengalami kendala/down maka failover akan secara otomatis mengalihkan akses internet ke ISP yang lain.

B. Metode Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini memenuhi beberapa tahapan yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian pada PC/Client yang nantinya akan diimplementasikan. Diagram ditampilkan pada Gambar 2.



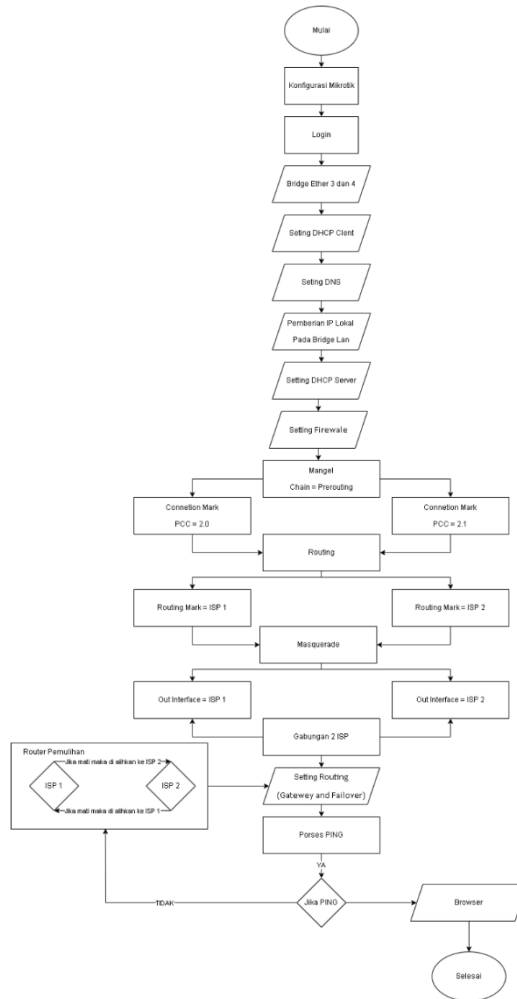
Gambar 2. Diagram Tahapan Penelitian

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan tahapan penelitian awal adalah sebagai berikut:

- **Studi Literatur:** pada tahap ini penulis mencari referensi mengenai teori yang akan digunakan dengan membaca jurnal yang terkait pada penelitian ini sebagai sumber referensinya.
- **Analisis Jaringan:** tahap ini dilakukan analisis jaringan pada Lap yang berada pada Gedung Teknologi Informasi Koputer Politeknik Negeri Lhokseumawe dengan pengambilan data sebelum diterapkannya Load Balancing.
- **Perancangan Topologi:** mulai tahap ini penulis membuat rancangan topologi yang akan dipergunakan dalam penelitian berdasarkan metode PCC.
- **Konfigurasi Load Balancing PCC:** pada tahap konfigurasi akan menggunakan perangkat mikrotik RB951Ui-2nD konfigurasi routing dilakukan pada menu ip routes dengan menambahkan beberapa default route baru.
- **Konfigurasi Failover Recursive Gateway:** tahap konfigurasi failover dilakukan untuk menghindari terjadinya kegagalan pada salah satu jalur load balance, konfigurasi failover ini akan mengatur bagian parameter scope dan target scope serta mengatur gateway agar menjadi koneksi recursive.
- **Pengukuran Hasil:** tahap pengukuran dilakukan dengan menggunakan software wireshark yang kemudian hasil capture network akan dilakukan penghitungan pada parameter QoS (Jitter, Delay, Throughput, dan Packet Loss) dengan rumus dan standar nilai QoS dari TIPHON.
- **Kesimpulan:** tahap kesimpulan menjadi bagian akhir dengan hasil dari pengukuran hasil tentang bagaimana nilai QoS yang didapat setelah dan sebelum diterapkannya metode load balancing.

C. Flowchart

Tahapan yang dilakukan dalam flowchart menggambarkan langkah-langkah konfigurasi untuk implementasi load balancing dan failover menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) pada router MikroTik. Flowchart di tampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Konfigurasi Load Balancing dan Failover

Flowchart ini menggambarkan langkah-langkah konfigurasi Load Balancing dan Failover pada perangkat MikroTik menggunakan metode PCC (Per Connection Classifier). Proses dimulai dengan konfigurasi dasar router, termasuk pengaturan nama host, kata sandi, dan akses awal. Setelah login, pengguna mengatur bridge antara Ether 3 dan Ether 4 untuk load balancing, serta mengkonfigurasi DHCP client agar router dapat memperoleh informasi jaringan dari ISP. Langkah selanjutnya adalah pengaturan DNS dan pemberian IP lokal untuk jaringan internal. DHCP server dikonfigurasi untuk mendistribusikan alamat IP ke perangkat di jaringan lokal, dan firewall diatur untuk melindungi jaringan dari ancaman.

Aturan mangle digunakan untuk menandai paket berdasarkan metode PCC, yang mendistribusikan lalu lintas antara dua ISP dengan menandai koneksi (PCC 2.0 untuk ISP 1 dan PCC 2.1 untuk ISP 2). Paket kemudian diarahkan sesuai dengan tanda koneksi, menggunakan routing mark yang terkait dengan ISP masing-masing. Fungsi masquerade diterapkan untuk NAT, sehingga lalu lintas keluar dapat berbagi satu alamat IP publik. Setelah kedua ISP digabungkan, aturan routing ditetapkan untuk memastikan load balancing dan failover, dengan router secara otomatis mengalihkan lalu lintas jika salah satu ISP gagal. Proses ping digunakan untuk memantau status ISP, memastikan bahwa lalu lintas diarahkan dengan benar melalui ISP yang aktif. Jika konfigurasi berhasil, pengguna dapat mengakses internet dengan lancar, dan sistem selesai dengan kemampuan load balancing dan failover yang optimal.

D. Teknik Pengujian

Tahapan pengujian akan dilakukan setelah data terkumpul pada saat pengujian nantinya. Parameter-parameter yang diuji dan dianalisis dari implementasi Load Balancing dan Failover menggunakan metode PCC pada MikroTik:

- Distribusi Beban (Load Balancing): Mengukur sejauh mana beban traffic terdistribusi merata pada jalur koneksi menggunakan metode PCC.
- Waktu Failover: Waktu yang dibutuhkan untuk mendeteksi kegagalan pada jalur utama dan beralih ke jalur cadangan.

E. Hasil yang diharapkan

Berdasarkan pengembangan sistem yang diuraikan sebelumnya, serta analisis keterkaitan antar faktor dan parameter pengujian, dapat diprediksi beberapa hasil penelitian yang mungkin dicapai:

- **Optimalisasi Penggunaan Bandwidth:** Implementasi Load Balancing menggunakan metode PCC pada MikroTik diharapkan dapat mengoptimalkan penggunaan bandwidth dengan mendistribusikan beban traffic secara merata ke berbagai jalur koneksi. Hal ini dapat mengurangi kemacetan dan meningkatkan throughput keseluruhan.
- **Peningkatan Ketersediaan dan Redundansi:** Dengan implementasi failover yang efektif, diharapkan hasil penelitian akan menunjukkan peningkatan ketersediaan layanan. Proses failover yang cepat dan responsif diharapkan dapat mengurangi downtime ketika terjadi kegagalan pada salah satu jalur koneksi.
- **Stabilitas dan Responsifitas Jaringan:** Prediksi hasil akhir mencakup stabilitas dan responsifitas jaringan yang ditingkatkan. Dengan Load Balancing yang merata dan failover yang efektif, diharapkan jaringan dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih stabil dan responsif, terutama pada kondisi beban traffic tinggi.

3. Hasil dan Pembahasan

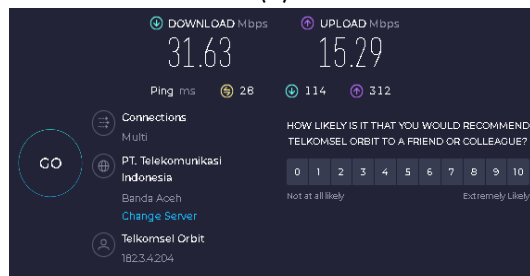
Berikut ini adalah bagaimana implementasi Load Balancing menggunakan metode *Per Connection Classifier* (PCC) dan failover menggunakan dua *Internet Service Provider* (ISP) yang berbeda. Hasil pengujian sebelum *load balancing* dan *failover* menggunakan metode PCC (*Per-Connection Classifier*).

3.1. Hasil Pengujian Koneksi

Pada ISP1 dan ISP2 dilakukan pengujian koneksi sebelum dilakukan load balancing dan failover menggunakan metode PCC, terlihat bahwa bandwidth yang didapat oleh ISP1 masih sangat rendah karena belum dilakukan load balancing pada port yang terhubung ke mikrotik. Gambar speedtest pada ISP1 sebelum dilakukan limitasi dapat dilihat pada Gambar 4 a dan b.



(a)



(b)

Gambar 4. Hasil Speed Test (a) ISP 1 and (b) ISP 2

3.2. Hasil Pengujian Parameter Menggunakan Standar THIPON

Pengujian parameter pada ISP1 menggunakan standar THIPON adalah sebuah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) pada jaringan internet. Pengujian dengan standar ini meliputi Throughput, Packet Loss, Delay, dan juga Jitter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian QoS Sebelum load balancing dan failover menggunakan metode PCC

Nama Clien	Parameter QoS							
	Throuhpt		Delay		Paket Loss		Jitter	
	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index
PC 1	17Kbps	1	42ms	4	0	4	73ms	3
PC 2	12Kbps	1	56ms	4	0	4	99ms	2

PC 3	12Kbps	1	54ms	4	0	4	96ms	2
PC 4	14Kbps	1	53ms	4	0	4	93ms	2
PC 5	16Kbps	1	41ms	4	0	4	78ms	2
PC 6	149Kbps	1	18ms	4	0	4	33ms	3
Rata-rata	36,6Kbps	1	44ms	4	0	4	78,6ms	2

Pengujian paramater pada ISP2 menggunakan standar THIPON adalah sebuah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) pada jaringan internet. Pengujian dengan standar ini meliputi Throughput, Packet Loss, Delay, dan juga Jitter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian QoS Sebelum load balancing dan failover menggunakan metode PCC

Nama Clie	Parameter QoS							
	Throuhpt		Delay		Paket Loss		Jitter	
	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index
PC 1	25Kbps	1	56ms	4	0	4	99ms	2
PC 2	16Kbps	1	53ms	4	0	4	92ms	2
PC 3	14Kbps	1	53ms	4	0	4	92ms	2
PC 4	14Kbps	1	53ms	4	0	4	92ms	2
PC 5	75Kbps	1	33ms	4	0	4	61ms	3
PC 6	312Kbps	1	2ms	4	0	4	4ms	4
Rata-rata	76Kbps	1	41,6ms	4	0	4	73,3ms	3

3.3. Hasil Pengujian Load Balancing menggunakan Metode PCC (Per-Connection Classifier)

Pada pengujian kecepatan setelah dilakukan load balancing menggunakan metode PCC dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang dikonfigurasi sebelumnya. Untuk PC/Laptop yang terhubung dapat di lihat pada Gambar 5.

	IP Address	MAC Address	Interface
DC	10.10.10.249	1C:39:47:BB:08:AC	bridge_LAN
DC	10.10.10.250	00:E8:00:32:01:22	bridge_LAN
DC	10.10.10.252	3C:52:82:4D:C6:87	bridge_LAN
DC	10.10.10.253	0C:37:96:29:36:B5	bridge_LAN
DC	10.10.10.254	04:D4:C4:E3:48:17	bridge_LAN
DC	192.168.1.1	90:61:0C:A6:40:A1	ether1_ISP1
DC	192.168.2.1	90:61:0C:A6:40:81	ether2_ISP2

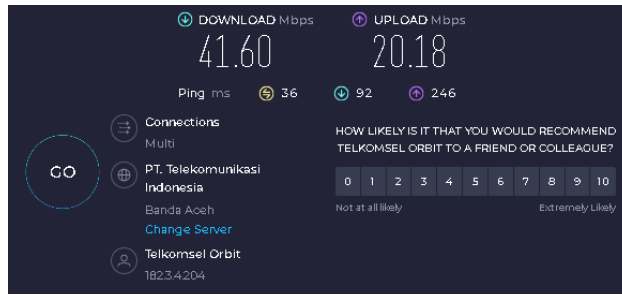
Gambar 5. ARP List

Konfigurasi routing menunjukkan implementasi load balancing menggunakan metode PCC pada router MikroTik. Ketika ada paket data yang ditujukan ke alamat IP 192.168.1.1 atau 192.168.2.1, router akan memilih salah satu dari dua antarmuka (ether1_ISP1 atau ether2_ISP2) untuk mengirimkan paket tersebut. Hasil konfigurasi dapat dilihat pada Gambar 6.

AS	Destination	Gateway	Distance	Priority	Next Hop
AS	192.168.1.1	192.168.1.1	1	30	30 KE ISP 1
AS	192.168.1.1	192.168.2.1	1	30	30 KE ISP 2
AS	192.168.1.1	192.168.1.1	1	30	30 KE ISP 1
AS	192.168.1.1	192.168.2.1	1	30	30 KE ISP 2

Gambar 6. Route List Load Balancing

Pengujian kecepatan koneksi setelah dilakukan Load Balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) menggunakan dua Internet Service Provider (ISP) yang berbeda dan mendapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang dikonfigurasi sebelumnya. Hasil dari uji koneksi dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil Speed Test Load Balancing

3.4. Hasil Pengujian Parameter Menggunakan Standar THIPON

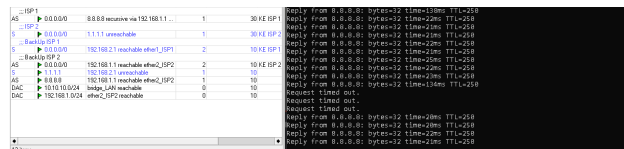
Pengujian parameter setelah dilakukan Load Balancing menggunakan metode Per Connection Classifier (PCC) menggunakan standar THIPON adalah sebuah standar yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan (QoS) pada jaringan internet. Pengujian dengan standar ini meliputi Throughput, Packet Loss, Delay, dan juga Jitter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian QoS Setelah Load Balancing menggunakan metode PCC

Nama Cliein	Parameter QoS							
	Throuhpt		Delay		Paket Loss		Jitter	
	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index	Nilai	Index
PC 1	14Kbps	1	54ms	4	0	4	98ms	4
PC 2	12Kbps	1	56ms	4	0	4	102ms	3
PC 3	12Kbps	1	57ms	4	0	4	105ms	3
PC 4	12Kbps	1	56ms	4	0	4	103ms	3
PC 5	47Kbps	1	43ms	4	0	4	81ms	2
PC 6	140Kbps	1	28ms	4	0	4	52ms	3
Rata-rata	39,5Kbps	1	49ms	4	0	4	90,16ms	2

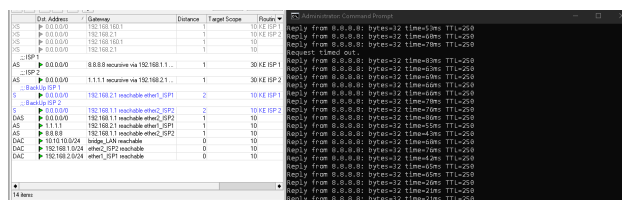
3.5. Hasil Pengujian Failover Menggunakan Metode PCC (Per-Connection Classifier)

Konfigurasi failover rekursif yang terlihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa router akan secara bergantian mencoba mencapai tujuan melalui berbagai gateway. Jika gateway utama tidak dapat diakses, router akan mencoba gateway cadangan berikutnya. Proses ini akan terus berulang hingga ditemukan rute yang dapat diakses. Untuk rentan lama waktu yang di butuhkan router untuk mencari gateway alternatif yang lain yaitu selama 3 detik yang di mana dapat di lihat dari ping ip 8.8.8.8 pada Command Prompt (CMD). Dan juga untuk ISP atu jalur internet yang mati iyalah ISP 1 ether 1 yang di mana gateway 8.8.8.8 pada ISP 1 akan mencari gateway ISP Backup ISP 2 atau ISP 2 dengan gateway 192.168.1.1 untuk jalur alternatifnya.



Gambar 8. Command Prompt dan Rout List Failover

Konfigurasi failover rekursif yang terlihat pada Gambar 9 menunjukkan bahwa router akan kembali normal atau kembali aktif yang di mana waktu yang di butuhka untuk ISP satu kembali normla yantiu 1 detik dimana ISP 1 yang di mana tadinya mati atau non aktif dari gambar tersebut dapat di lihat kembali normal atau menyala seperti awal.



Gambar 9. Command Prompt dan Rout List Failover

3.6. Hasil Uji Efektivitas

Berikut ini adalah perhitungan uji efektivitas data Quality of Service (QoS) sebelum dan sesudah diterapkan

implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover.

1. Hitung Nilai Rata-Rata: menghitung nilai rata-rata data Quality of Service (QoS) sebelum dan sesudah implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover.

Tabel 4. Hasil Perhitungan QoS Setelah Load Balancing menggunakan metode PCC

Data QoS ISP1 Sebelum implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover	
Rata-rata <i>Throughput</i>	36,6Kbps
Rata-rata <i>Delay</i>	44ms
Paket Loss	0%
Rata- Rata <i>Jitter</i>	78,6ms
Data QoS ISP2 Sebelum implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover	
Rata-rata <i>Throughput</i>	76Kbps
Rata-rata <i>Delay</i>	41,6ms
Paket Loss	0%
Rata- Rata <i>Jitter</i>	73,3ms
Data QoS Setelah implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover	
Rata-rata <i>Throughput</i>	39,5Kbps
Rata-rata <i>Delay</i>	49ms
Paket Loss	0%
Rata- Rata <i>Jitter</i>	90,16ms

2. Menghitung Efektivitas Untuk menghitung nilai efektivitas, dilakukan perbandingan nilai rata-rata *Quality of Service* (QoS) sebelum dan sesudah dilakukan implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover.

- *Throughput* meningkat sekitar 35,07%
- *Delay* berkurang sekitar 6,2%
- *Packet Loss* tetap sama pada 0%
- *Jitter* berkurang sekitar 14,21%

Untuk menghitung total efektivitas keseluruhan dari data QoS sebelum dan sesudah implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover yaitu, menggunakan rata-rata perbaikan untuk masing-masing parameter QoS (*Throughput*, *Delay*, *Packet Loss*, dan *Jitter*). Nilai efektivitas total dapat dihitung dengan menggunakan formula rata-rata dari nilai efektivitas individual untuk masing-masing parameter. Dengan rumus = (Peningkatan *Throughput* + Pengurangan *Delay* + *Packet Loss* + Pengurangan *Jitter*) / 4

$$35,07+6,2+0+14,214=55,484=13,87\%$$

Total efektivitas keseluruhan dari penerapan implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover adalah sekitar 13,87%. Ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, ada peningkatan yang signifikan dalam kualitas layanan jaringan setelah penerapan implementasi metode load balancing Per Connection Classifier (PCC) dan failover.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil implementasi teknik load balancing dan failover menggunakan MikroTik dengan metode Per Connection Classifier (PCC) pada interkoneksi dua penyedia layanan internet (ISP) yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode PCC dalam teknik load balancing berhasil mendistribusikan beban trafik secara merata di antara dua jalur ISP. Pengujian menunjukkan nilai *throughput* yang baik dalam berbagai skenario, dengan nilai rata-rata sebesar 35,7 kbps. Pada pengaturan load balancing dengan *throughput* mencapai 39,5 kbps, sedangkan pada skenario sebelum load balancing PCC ISP1, *throughput* mencapai nilai tertinggi yaitu 36,6 kbps. Dan skenario sebelum load balancing PCC ISP2, *throughput* mencapai nilai tertinggi yaitu 76 kbps. Hal ini membuktikan bahwa metode PCC mampu memaksimalkan pemanfaatan bandwidth, terutama saat jaringan mengalami beban yang tinggi.

Mekanisme failover yang diimplementasikan terbukti sangat andal, dengan waktu peralihan rata-rata antara 3 hingga 13 detik. Saat salah satu ISP mengalami gangguan, sistem secara otomatis mengalihkan beban ke ISP yang aktif, menjaga konektivitas jaringan tetap stabil. Nilai *throughput* pada kondisi failover ISP1 mencapai 74 kbps, menunjukkan kemampuan sistem dalam menjaga performa yang memadai meskipun salah satu jalur koneksi mengalami masalah.

Hasil traceroute dan pengujian *throughput* menunjukkan bahwa metode PCC memungkinkan pembagian

koneksi yang cerdas di antara berbagai jalur ISP. Dalam pengaturan load balancing dengan throughput tercatat sebesar 39,5 kbps, menunjukkan bahwa meskipun ada batasan, sistem tetap dapat bekerja secara optimal. Selain itu, mekanisme failover memastikan bahwa ketika satu ISP mengalami gangguan, beban dapat dialihkan dengan cepat dan efisien, menjaga kontinuitas layanan tanpa gangguan berarti.

Secara keseluruhan, implementasi load balancing dan failover menggunakan metode PCC pada MikroTik terbukti efektif dalam menciptakan sistem jaringan yang andal dan efisien. Sistem ini tidak hanya meningkatkan kecepatan unduh dan unggah, tetapi juga memastikan kedua ISP dapat bekerja secara optimal. Sistem juga dapat diandalkan untuk menjaga konektivitas jaringan meskipun terjadi gangguan pada salah satu ISP, sehingga memberikan solusi yang efektif untuk kebutuhan akses internet yang stabil dan berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] Muzayyin, M., & Fitriani, A. S. (2022). Configuring Load Balancing and Failover Using a Mikrotik Router on RT RW NET (Case Study: Dusun Klatakan Dayurejo). *Procedia of Engineering and Life Science*, 2(2). <https://doi.org/10.21070/pels.v2i2.1293>
- [1] M Tanwirul Akbar. (2023). WinBox Dan Penggunaannya Pada MikroTik OS. <https://mikrotik.itpln.ac.id/2023/03/15/winbox-dan-penggunaannya-pada-mikrotik-os/>
- [2] SIA Mikrotikls. (n.d.). MikroTik Routers and Wireless About. Mikrotik. Diambil 22 Juli 2024, dari <https://mikrotik.com/aboutus>
- [3] Wireshark · Tentang. (n.d.). Diambil 22 Juli 2024, dari <https://www.wireshark.org/about.html>
- [4] Supratmanto. (2022). Implementasi Dual Wan Load Balance Dan Metode Pcc (Per Connection Classifier) Menggunakan Mikrotik Rb750Gr3 Pada Dinas Kebudayaan Dan Pariwisata Kabupaten. In *Stmik* (Nomor 8.5.2017). www.aging-us.com
- [5] Rahman, T., Khudori, A., Nurdin, H., & Qomaruddin, M. (2022). Netwatch Mikrotik Pada Jaringan Pt Dinasti Kurnia. *Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, 7(2), 106–114.
- [6] Siddik, M., Nasution, A., & Lubis, A. P. (2023). Load Balance dan Perancangan Infrastruktur Jaringan Sekolah Menggunakan MikroTik Berbasis Cisco Packet Tracer. *Journal of Science and Social Research*, 6(3), 744–749. <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [7] Khaerudin, M., Hendharsetiawan, A. A., Mahbub, A. R., Tukino, & Setiawati, S. (2023). A Hotspot Server and Two Line ISP Load Balance and Failover Using the Mikrotik RB951UI 2HND with PCC Method. *East Asian Journal of Multidisciplinary Research*, 2(1), 249–262. <https://doi.org/10.55927/eajmr.v2i1.2591>
- [8] Putra, I. B. A. E. M., Adnyana, M. S. I. D., & Jasa, L. (2021). Analisis Quality of Service Pada Jaringan Komputer. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 20(1), 95. <https://doi.org/10.24843/mite.2021.v20i01.p11>
- [9] Jayadi, A., & Sadamaputra, F. (2023). Implementation of Failover on Mikrotik Router Using Check Gateway and Distance Parameters. *Journal of Security, Computer, Information, Embedded, Network, and Intelligence System*, 8329, 36–43. <https://doi.org/10.61220/scientist.v1i2.20231>
- [10] Pakiding, R., Iswahyudi, C., & Ariyana, R. Y. (2021). Simulasi Perbandingan Load Balancing Dengan Metode PCC, ECMP, Dan NTH Menggunakan GNS3. *Jurnal Jarkom*, 9(1), 30–39.
- [11] Sujatmika, A. R., Abidin, A. A., & Winarti. (2022). Implementasi Sistem Load Balance dengan Metode PCC Untuk Optimalisasi Pada Jaringan Internet Local. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer & Informatika)*, 6(2), 1041–1049.
- [12] Sujarwo, I., Desmulyati, D., & Budiawan, I. (2020). Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode Pcc (Per Connection Clasifier) Di Universitas Krisnadwipayana. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Komputer)*, 5(2), 171–176. <https://doi.org/10.33480/jitk.v5i2.1184>
- [13] Wiharti, W., Rimra, I. L., Rifka, S., Hidayatullah, I., & Kasmar, A. F. (2023). Load Balancing and Fail Over MikroTik Implementation Using Per Connection Classifier (PCC) on Two Internet Providers Interconnection. *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, 5(2), 129–135. <https://doi.org/10.62527/ijasce.5.2.135>
- [14] Fata, S., "RouterOS: Sistem Operasi Router MikroTik," *Jurnal Rekayasa Teknologi*, 2023.