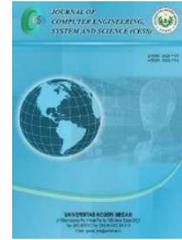


Contents list available at www.jurnal.unimed.ac.id

CESS
(Journal of Computing Engineering, System and Science)

journal homepage: <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/cess>



Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Router Mikrotik Menggunakan Teknik Load Balancing Memakai Metode Pcc (Per Connection Classifier) Dengan Topologi Hybrid

Optimizing the Internet Network with a Mikrotik Router Using Load Balancing Techniques Using the Pcc (Per Connection Classifier) Method with a Hybrid Topology

Apif Arizki^{1*}, Nungky Awang Chandra²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Indonesia
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan -Jakarta Barat
email: apifarizki00@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan jaringan internet di PT Circleone Nusantara Indonesia. Sebagai penyedia layanan internet, perusahaan ini sangat menyadari pentingnya memiliki akses internet yang optimal, stabil, dan cepat. Namun, seringkali perusahaan menghadapi masalah downtime jaringan dan koneksi internet yang lambat, yang sangat mengganggu kinerja karyawan dan pelanggan. Selain itu masalah, peningkatan signifikan dalam penggunaan internet dan perkembangan pesat dalam teknologi menyebabkan overload pada jaringan, tingginya latency, dan distribusi bandwidth yang tidak merata. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan topologi jaringan hybrid dan mengkonfigurasi router board MikroTik menggunakan teknik load balancing dengan metode PCC (Per Connection Classifier) untuk memastikan distribusi lalu lintas yang merata dan efisien di antara berbagai link yang tersedia. Topologi jaringan hybrid digunakan untuk memanfaatkan keunggulan dari berbagai jenis koneksi internet, seperti kabel dan nirkabel, guna meningkatkan ketersediaan dan keandalan jaringan. Penerapan topologi jaringan hybrid dan teknik load balancing dengan metode PCC menunjukkan bahwa metode ini mampu mengoptimalkan koneksi internet secara efektif. Load balancing pada jaringan internet menggunakan metode PCC menunjukkan kinerja yang baik, dibuktikan dengan distribusi beban koneksi yang merata pada setiap gateway. Jika salah satu sumber koneksi internet mengalami gangguan atau downtime, maka secara otomatis cadangan akan aktif dan mengambil koneksi dari sumber internet yang masih berfungsi. Selain itu, metode ini juga berhasil mengurangi tingginya latency dan overload pada jalur internet. Ini membuktikan bahwa topologi jaringan hybrid dengan teknik load balancing menggunakan metode PCC berfungsi dengan baik sesuai dengan konfigurasi yang diterapkan. Hasil pengukuran Quality of Service (QoS) dalam penelitian ini menunjukkan tingkat kualitas yang baik, sesuai dengan standar THIPON (Telecommunications and Internet Protocol

*Penulis Korespondensi:
email: apifarizki00@gmail.com

Harmonization Over Network). Throughput rata-rata lebih dari 2 Mbps, Delay rata-rata kurang dari 150 ms, Packet Loss rata-rata kurang dari 3%, dan Jitter rata-rata kurang dari 125 ms.

Kata Kunci: Router Mikrotik; Load Balancing; Pcc (Per Connection Classier); Topologi Jaringan Hybrid.

ABSTRACT

This research aims to optimize the internet network at PT Circleone Nusantara Indonesia. As an internet service provider, the company recognizes the importance of having optimal, stable, and fast internet access. However, the company often faces issues such as network downtime and slow internet connections, which significantly affect employee productivity and customer satisfaction. Additionally, the substantial increase in internet usage and rapid technological advancements cause network overload, high latency, and uneven bandwidth distribution. To address these challenges, the study implements a hybrid network topology and configures MikroTik router boards using load balancing techniques with the PCC (Per Connection Classifier) method to ensure even and efficient traffic distribution among available links. The hybrid network topology leverages various types of internet connections, including cable and wireless, to enhance network availability and reliability. The implementation of hybrid network topology and load balancing techniques with the PCC method demonstrates effective optimization of internet connections. Load balancing using the PCC method shows good performance, evidenced by even distribution of connection loads across each gateway. If one internet connection source experiences disruption or downtime, the system automatically switches to an active backup connection. Moreover, this method successfully reduces latency and internet traffic overload, proving that the hybrid network topology with load balancing using the PCC method functions effectively according to the applied configuration. The results of Quality of Service (QoS) measurements in this study indicate good quality levels, meeting THIPON (Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network) standards. The average throughput exceeds 2 Mbps, average delay is less than 150 ms, average packet loss is less than 3%, and average jitter is less than 125 ms.

Keywords: Mikrotik Router; Load Balancing; Pcc (Per Connection Classier); Hybrid Network Topology.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi khususnya dalam hal konektivitas internet, telah menjadi aspek penting dalam dunia bisnis dan komunikasi di seluruh dunia. PT Circleone Nusantara Indonesia sebagai salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang penyedia layanan internet menyadari betapa pentingnya memiliki akses internet yang optimal, stabil, cepat. Perusahaan ini sangat bergantung pada kualitas jaringan yang optimal untuk memberikan layanan terbaik kepada karyawan dan pelanggan serta untuk tetap kompetitif dalam pasar yang semakin ketat. Dengan semakin mudahnya akses internet, penggunaan internet di antara karyawan dan pelanggan mengalami peningkatan signifikan. Namun, hal ini juga membawa masalah negatif seperti downtime jaringan, koneksi internet yang lambat, dan masalah overload pada jaringan, tingginya latency dan distribusi bandwidth yang tidak merata. Ketidak stabilan ini mengganggu produktivitas karyawan dan pelayanan kepada pelanggan.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan langkah-langkah untuk mengelola penggunaan kapasitas internet secara efisien agar lalu lintas jaringan tetap lancar. Salah satu solusi menerapkan teknik load balancing dengan menambahkan sumber Internet Service Provider yang berbeda. Ini memungkinkan adanya backup dari sumber internet lain jika salah satu ISP mengalami masalah atau terjadi kepadatan lalu lintas data di internet PT Circleone Nusantara Indonesia. Dapat diatur secara otomatis. Load balancing pada MikroTik adalah teknik untuk meratakan beban lalu lintas jaringan di dua atau lebih jalur koneksi, sehingga memastikan agar lalu lintas jaringan dapat berjalan optimal, meningkatkan kecepatan transfer, mengurangi waktu tanggap, dan mencegah penggunaan kapasitas yang berlebihan pada salah satu jalur koneksi. Ada berbagai metode load balancing yang tersedia, termasuk metode PCC, yang memastikan setiap koneksi internet diberi perlakuan yang adil untuk optimalisasi sumber daya jaringan. Metode PCC (*Per Connection Classifier*) dapat memisahkan koneksi internet melalui dua jalur ISP yang tersedia sehingga mampu mengatasi permasalahan penumpukan traffic pada salah satu link ISP sehingga dapat mengurangi latency dan meningkatkan performa jaringan. Topologi jaringan hybrid yang digunakan menggabungkan berbagai jenis koneksi internet, seperti kabel, fiber optic, atau nirkabel, untuk meningkatkan ketersediaan dan kehandalan layanan internet. Penggabungan ini memberikan PT Circleone Nusantara Indonesia fleksibilitas untuk memanfaatkan keunggulan dari berbagai jenis koneksi, yang akhirnya mendukung stabilitas jaringan yang lebih baik.

Penelitian ini berfokus pada bagaimana pengoptimalisasi jaringan internet dan menerapkan topologi Hybrid serta mengimplementasikan router mikrotik pada infrastruktur jaringan internet dengan Teknik Load Balancing Memakai Metode Pcc (*Per Connection Classifier*) Di PT Circleone Nusantara Indonesia. Beberapa penelitian yang telah dilakukan peneliti sebelumnya yaitu diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Wandu Syahindra pada tahun 2022 mengenai perancangan dan implementasi router MikroTik dalam infrastruktur jaringan komputer dan internet menggunakan transmisi *wired* dan nirkabel menghadapi masalah lambatnya akses internet karena pembagian bandwidth yang tidak merata dan pengalokasian IP Address yang tidak akurat, serta seringnya terjadi crash jaringan. Dalam penelitian ini, MikroTik berhasil mengoptimalkan distribusi data dan routing ke berbagai segmen jaringan tanpa overload, menggunakan metode transmisi *wired* dan nirkabel. Studi ini menunjukkan perbedaan utama dalam pendekatan yang digunakan, di mana penelitian sebelumnya menggunakan transmisi *wired* dan nirkabel dengan kendala *latency* tinggi, sedangkan penelitian ini mengadopsi metode *Per Connection Classifier* dan topologi jaringan hybrid untuk mencapai kinerja jaringan yang lebih optimal.

Penelitian yang dilakukan oleh Dedi Sanjaya Tampubolon, Hanifah Aprilyani, dan Ridho Wahyudi Pulungan mengenai perancangan jaringan dan manajemen bandwidth pengguna dengan MikroTik di Dinas Kominfo Provinsi Sumatera menyoroti tingginya kebutuhan akses internet dan penurunan kinerja sistem saat pengiriman data akibat ketidakstabilan internet. Dengan menerapkan metode Simple Queue dan Queue Tree menggunakan MikroTik, penelitian ini berhasil meningkatkan stabilitas jaringan dan akurasi pengelolaan bandwidth. Perbedaan dengan penelitian ini terletak pada fokus pengembangan infrastruktur jaringan, di mana penelitian sebelumnya belum mengadopsi metode *Per Connection Classifier* dan topologi jaringan hybrid [13].

Penelitian yang dilakukan oleh Hendi Suhendi dan Harya Gusdevi mengenai perancangan jaringan komputer *Wide Area Network* (WAN) menggunakan MPLS (*Multi-Protocol Label Switching*) menemukan masalah dalam jaringan saat pengiriman data yang

mengalami error. Dengan menerapkan topologi hybrid, penelitian ini berhasil meningkatkan kemampuan perangkat untuk menentukan jalur terbaik saat mengirimkan data. Penelitian ini relevan dengan penelitian saat ini karena keduanya mencakup pengembangan jaringan dengan input, meskipun perbedaan utamanya terletak pada pendekatan yang hanya menggunakan topologi hybrid, sedangkan penelitian ini menggabungkan metode *Per Connection Classifier* dan topologi jaringan hybrid[11].

Penelitian yang dilakukan oleh Vico Indira Purnomo, Benediktus Anindito, dan Lukman Junaedi mengenai *perancangan load balancing dengan menggunakan metode Static Route Address List* di Desa Tambakrejo, Tulungagung, menemukan tantangan dalam akses internet akibat letak geografis yang terpencil. Penelitian ini fokus pada stabilitas dan optimasi jaringan, meskipun pendekatan yang digunakan berbeda dengan penelitian ini yang mengadopsi metode *Per Connection Classifier* dan topologi jaringan hybrid[6].

Penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Fauzi dan Dwi Yuni Utami mengenai implementasi *load balancing per address connection* ECMP pada MikroTik Router menangani masalah jaringan yang terhambat saat ISP mengalami gangguan. Dalam penelitian ini, metode Load Balancing dengan ECMP algoritma round robin digunakan untuk memastikan ketersediaan jaringan yang optimal. Perbedaan utamanya adalah pendekatan yang hanya menggunakan metode Load Balancing dengan ECMP, sementara penelitian ini mengadopsi metode *Per Connection Classifier* dan topologi jaringan hybrid untuk mencapai hasil jaringan yang lebih optimal[3].

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikrotik

Mikrotik adalah sebuah sistem operasi berbasis Linux dan perangkat lunak yang digunakan untuk mengubah komputer menjadi router yang dapat diandalkan, dengan fitur yang dirancang khusus untuk IP network dan jaringan nirkabel. Alat ini sering digunakan oleh ISP dan penyedia hotspot, didesain agar mudah digunakan serta sangat efektif untuk administrasi jaringan komputer, baik dalam skala kecil maupun besar[10]. Mikrotik memainkan peran krusial dalam optimalisasi jaringan dengan menyediakan solusi serbaguna untuk mengelola bandwidth, dan meningkatkan kinerja jaringan. Mikrotik memungkinkan untuk mengimplementasikan berbagai teknik dan strategi seperti Load Balancing.

2.2. Load Balancing

Load Balancing merupakan teknik untuk membagi beban kerja di dua atau lebih link jaringan guna meningkatkan throughput, mengurangi waktu respons, dan mencegah kelebihan beban[3]. Tujuannya adalah untuk mencegah beban yang berlebihan pada satu server atau jalur, meningkatkan kinerja, dan memastikan ketersediaan layanan yang lebih baik.

2.3. Per Connection Classifier (PCC)

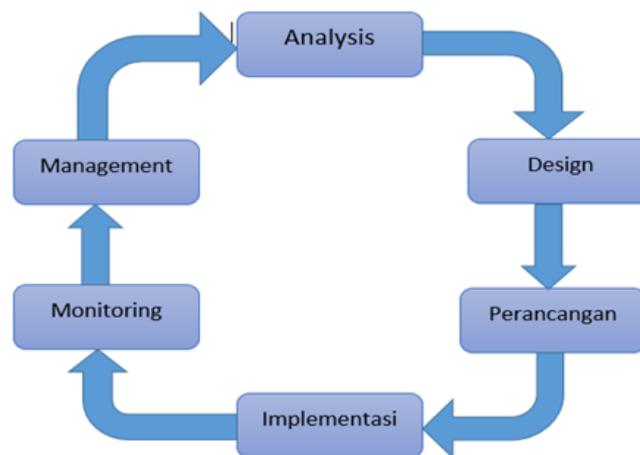
Per Connection Classifier (PCC) adalah sebuah metode yang menentukan jalur koneksi tertentu untuk paket data dengan mengelompokkan lalu lintas berdasarkan alamat sumber, alamat tujuan, port sumber, dan port tujuan. Mikrotik menyimpan informasi tentang jalur Gateway yang digunakan pada awal koneksi, sehingga paket-paket data berikutnya yang terkait akan diarahkan ke jalur Gateway yang sama. Semakin banyak perangkat yang terhubung ke internet, semakin optimal jaringan tersebut beroperasi[8].

2.4. Topologi Hybrid

Topologi jaringan hybrid mengacu pada penggabungan dua atau lebih topologi jaringan yang berbeda, seperti topologi star dan topologi ring. Topologi Star adalah metode untuk menghubungkan komputer satu sama lain sehingga membentuk jaringan yang berbentuk seperti bintang. Dalam topologi ini, setiap node terhubung secara langsung ke sebuah perangkat pusat seperti switch. Topologi ring adalah konfigurasi jaringan di mana setiap perangkat terhubung dengan dua perangkat lainnya, membentuk lingkaran yang tertutup[11]. Dalam topologi ini, data mengalir sepanjang jalur cincin, dan setiap perangkat meneruskan data ke perangkat berikutnya sampai data mencapai tujuan yang tepat. Penerapan topologi hybrid dalam konteks ini adalah langkah cerdas untuk menghadapi kebutuhan yang beragam dalam jaringan. Dengan menggabungkan elemen-elemen dari berbagai topologi, PT Circleone Nusantara Indonesia dapat mencapai tujuan tertentu, seperti meningkatkan redundansi, skalabilitas. Hal ini membantu perusahaan dalam menghadapi tantangan tumbuhnya volume lalu lintas jaringan yang terus meningkat, sekaligus menjaga stabilitas jaringan dalam berbagai situasi.

3. METODE

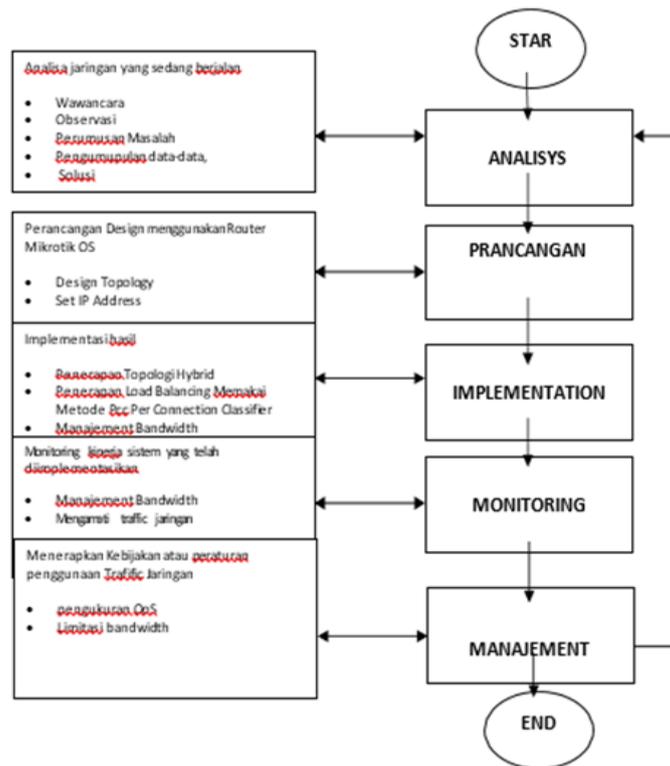
Dalam penelitian ini, penulis menggunakan pendekatan pengembangan sistem dengan metode NDLC (*Network Development Life Cycle*) untuk meningkatkan kinerja jaringan internet di PT Circleone Nusantara Indonesia. Pendekatan ini melibatkan penerapan router Mikrotik dengan teknik *Load Balancing* menggunakan metode PCC (Per Connection Classifier) dan topologi hybrid.



Gambar 1. Metode NDLC

3.1. Desain Penelitian

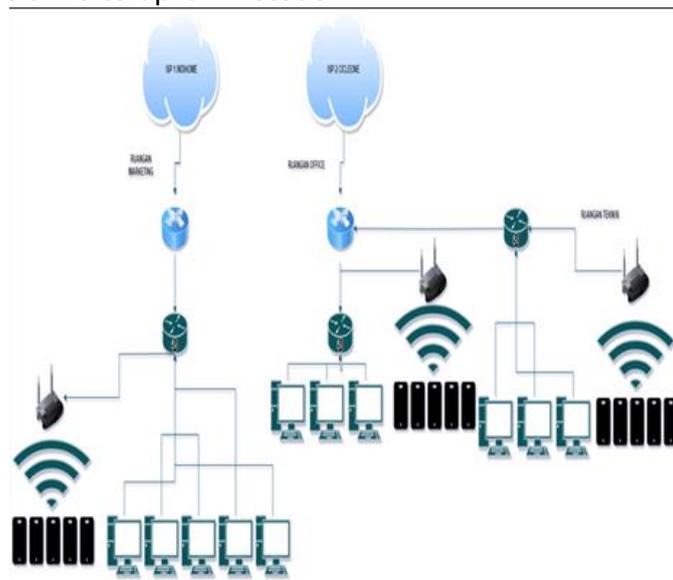
Dalam melakukan penelitian ini, penulis melakukan tahapan-tahapan kegiatan dengan mengikuti rencana kegiatan yang tertuang dalam kerangka berfikir meliputi metode pengumpulan data dan metode pengembangan sistem. Berikut kerangka berpikir pada penelitian ini terdapat pada gambar dibawah.



Gambar 2. Alur Penelitian

3.2. Subjek Penelitian

Subjek utama penelitian ini ruangan office, ruangan marketing, ruangan teknisi. Gambar dibawa topologi sebelum diterapkan metode.



Gambar 3. Topologi sebelum diterapkan

3.3. Analisis Data

Analisis Kinerja Jaringan Sebelum Implementasi

Sebelum memulai perubahan dan optimalisasi jaringan, analisis data awal sangat penting. Ini mencakup pengukuran kinerja jaringan sebelum implementasi metode Load Balancing PCC dan perubahan topologi jaringan hybrid. Data tentang kecepatan internet,

latency, kestabilan, dan penggunaan bandwidth akan dianalisis untuk menilai kondisi awal jaringan gambar dibawa sebelum diterapkan metode

Sebelum	Download	Upload	Latecnyc
ISP 1	48.26 Mbps	16.22 Mbps	15.90 ms
ISP 2	37.39 Mbps	39.75 Mbps	4.000 ms

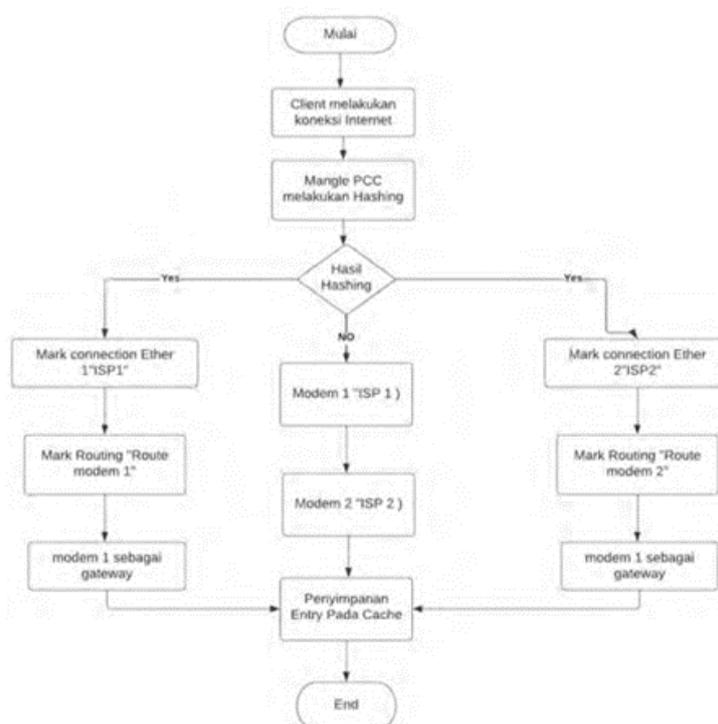
Tabel 1. Bandwidth ke 2 ISP Sebelum Menggunakan Metode

Sebelum	Download	Upload	Latency/ jitter
Ruang Marketing	19.72 Mbps	6.323 Mbps	17.587ms/8.400ms
Ruang Offic	49.55 Mbps	17.29 Mbps	16.50ms/7.100 ms
Ruang Teknisi	45.49 Mbps	25.74 Mbps	6.956ms/8.900ms

Tabel 2. Bandwidth ke 2 ISP Sebelum Menggunakan Metode



Gambar 4. Pengukuran kecepatan Bandwidth dari kedua ISP



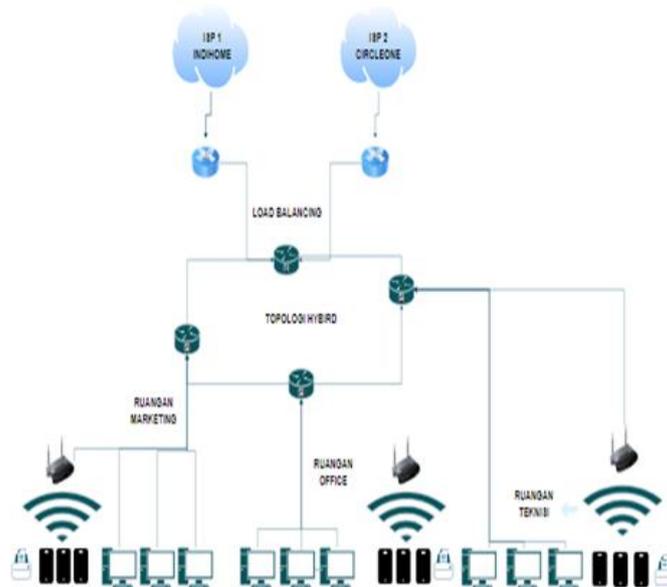
Gambar 5. Flowchart Cara Kerja Load Balancing PCC

Pada gambar Flowchart Cara Kerja Load Balancing PCC mulai proses dimulai ketika ada permintaan koneksi jaringan dari pengguna atau perangkat. Terima Paket Data Router menerima paket data yang akan dikirim ke tujuan. Cek Status Koneksi Sistem memeriksa status koneksi yang tersedia (misalnya, koneksi A, B, dan C). Hitung Hash Sistem menghitung hash dari atribut koneksi (seperti IP sumber, IP tujuan, port sumber, dan port tujuan). Hash ini digunakan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan koneksi. Map Hash ke Koneksi Berdasarkan hash yang dihitung, sistem memetakan koneksi ke jalur yang spesifik. Misalnya, hash tertentu dapat memetakan koneksi ke jalur A, hash lainnya ke jalur B, dan seterusnya. Cek Ketersediaan Jalur Sistem memeriksa apakah jalur yang dipetakan tersedia dan dapat digunakan. Jika jalur tidak tersedia atau mengalami kegagalan, sistem akan mencari jalur alternatif. Kirim Paket Melalui Jalur yang Dipilih Setelah menentukan jalur yang tersedia dan sesuai, paket data dikirim melalui jalur tersebut. Ulangi untuk Paket Berikutnya Proses ini diulang untuk setiap paket data yang diterima, memastikan bahwa beban distribusi tetap merata dan optimal. End Proses berakhir setelah semua paket data dikirim ke tujuan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi dan Pengembangan

Untuk membangun jaringan, diperlukan perancangan topologi dan implementasi ke dalam jaringan. Berikut adalah topologi jaringan hybrid yang digunakan untuk merancang dan menerapkan load balancing dengan metode PCC (*Per-Connection Classifier*) pada skema jaringan komputer di kantor PT Circleone Nusantara Indonesia.



Gambar 6. Topologi hybrid

Pada gambar 6 mendetailkan jaringan komputer yang ada beserta perangkatnya secara lengkap. Di kantor PT Circleone Nusantara Indonesia, ISP (Internet Service Provider) yang digunakan adalah dari Circleone dan Indihome, masing-masing dengan kecepatan ISP satu ,50Mbps dan ISP dua 50Mbps. Kedua ISP ini terhubung langsung ke router Mikrotik, dan distribusi jaringan dilanjutkan melalui switch hub ke ruangan office, ruangan marketing, ruangan teknisi. Setiap ruangan dilengkapi dengan 3 router yang digunakan untuk jaringan nirkabel.

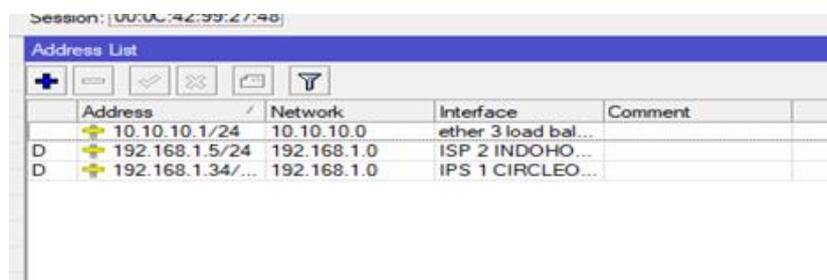
Topologi hybrid dipilih karena memungkinkan peningkatan kehandalan jaringan. Ketika satu bagian jaringan mengalami gangguan atau kegagalan, bagian lain dari jaringan tetap dapat beroperasi. Dari kedua ISP akan dibuatkan satu jalur menggunakan load balancing metode PCC (Per-Connection Classifier). Perangkat yang digunakan dalam topologi hybrid ini router mikrotik, switch cloud mikrotik kabel utp router ZTE. IP address yang diterapkan dalam topologi ini adalah berbasis versi 4 (IPv4).

Table 1. IP Address Perangkat

Perangkat	Interface	IP Address	Gateway
Router Mikrotik	Ether 1 ISP 1	192.168.1.5/24	192.168.1.0
	Ether 2 ISP 2	192.168.1.34/24	192.168.1.0
	Ether 3 <i>load balancing PCC</i>	10.10.10.1.1	
Switch Marketing	Ethernet 1	10.10.10.253/24	10.10.10.0
Switch Office	Ethernet 2	10.10.22.1/24	10.10.22.0
Switch Teknisi	Ethernet 3	10.20.30.1/24	10.20.30.0
Hub	Ethernet		
Hub	Ethernet		
Hub	Ethernet		
Router	Ethernet	192.168.1.5	192.168.1.1
Router	Ethernet	192.168.1.6	192.168.1.1
Router	Ethernet	192.168.1.7	

Daftar Alamat IP ini digunakan untuk mencatat semua alamat IP yang diperlukan dalam konfigurasi load balancing dengan metode PCC (*Per-Connection Classifier*). Seperti yang terlihat pada gambar di bawah. Pada gambar 7 dijelaskan pengaturan daftar alamat yang akan digunakan sebagai IP address untuk ISP 1, ISP 2, serta load balancing metode PCC dan hybrid dengan konfigurasi sebagai berikut:

1. Klik tambah – isi Address 192.168.1.34– networknya 192.168.1.0 – interface ether1 untuk ISP 1
2. Klik tambah – isi Address 192.168.1.5 – networknya 192.168.1.0– interface ether2 untuk ISP 2
3. Klik tambah – isi Address 10.10.10.1 /24 – networknya 10.10.10.0 – interface ether3 untuk load balancing metode PCC. Pada proses ini untuk Ethernet 3 belum mendapatkan internet oleh karena itu akan di jelaskan pada gambar dibawah ini.



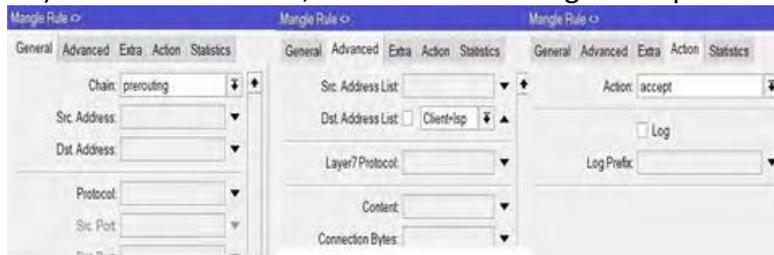
Gambar 7. IP Address List

Konfigurasi aturan NAT-Masquerade di Mikrotik berfungsi sebagai penghubung yang mengubah alamat sumber dari paket data yang berasal dari "srcnat" atau alamat asal klien. Tujuannya adalah memungkinkan komunikasi antara komputer klien dan jaringan publik. Dalam konfigurasi ini, terdapat pengaturan antarmuka keluar (Out Interface) di mana ether1 dipilih sebagai koneksi ke ISP 1 dan ether2 dipilih sebagai koneksi ke2.

#	Action	Chain	Src. Address	Dst. Address	Proto...	Src. Port	Dst. Port	Out. Interface
0	mas...	srcnat						IPS 1 CIRCLEONE
1	mas...	srcnat						ISP 2 INDOHOME

Gambar 8. Rule NAT

Gambar 9 di bawah menunjukkan Flag 0: Action - accept, yang berfungsi untuk menerima paket data yang masuk ke chain tanpa memeriksa aturan di bawahnya lagi, dan langsung keluar dari chain. Chain - prerouting berfungsi untuk mengelola trafik yang menuju router (proses lokal) dan melalui router, serta tidak memungkinkan pemilihan out-interface.

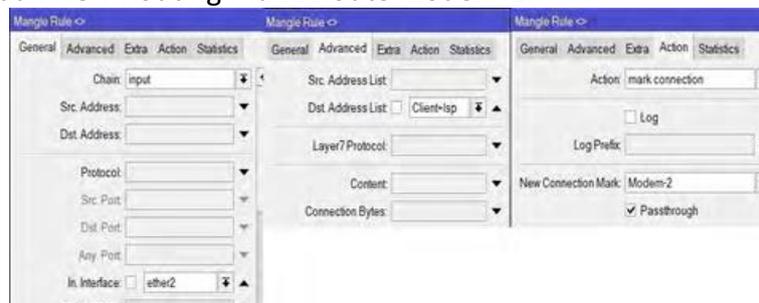


Gambar 9. Setting PCC Flag 0

Gambar 10 di bawah menunjukkan Flag 3 dan 4: Action - mark routing, yang berfungsi untuk menandai paket data dan digunakan untuk membuat keputusan perutean paket. Chain output digunakan untuk menandai lalu lintas yang melewati router proxy.

Dengan konfigurasi sebagai berikut:

1. Pada bagian General: Isi Chain dengan Output dan pilih Connection Mark dengan Modem-1.
2. Pada bagian Action: Isi dengan mark routing dan New Routing Mark dengan Route modem-1.
3. Buat konfigurasi serupa untuk ISP 2, hanya berbeda pada bagian Connection Mark: Modem-2 dan New Routing Mark: Route modem-2.



Gambar 10. Setting PCC Flag 1&2

Setting Switch Cloud CRS Mikrotik Pada Topologi Hybrid di tahap ini penulis menggunakan Switch CRS Mikrotik untuk memaksimalkan jalur pada topologi hybrid, dan untuk setiap ruangan kantor PT Circleone Nusantara Indonesia penulis tanamkan alamat IP

secara Statik agar setiap jalur koneksi yang ada pada topologi berjalan dengan optimal gambar.11 dibawa ini IP address list yang digunakan.

Address	Network	Interface
10.10.10.253/...	10.10.10.0	ETR 1 RUANGAN MARKETING
192.168.1.3/24	192.168.1.0	ETHR 2 RUANGAN OFFICE
192.168.1.4/24	192.168.1.0	ETR 3 RUANGAN TEKNISI

Gambar 11. Address list IP topologi hybrid

4.2. Hasil Pengujian Aplikasi

Setelah penerapan teknologi canggih pada router Mikrotik, dengan memanfaatkan load balancing menggunakan metode PCC (Per Connection Classifier) serta diintegrasikan dalam topologi hybrid. Langkah ini telah menghasilkan perbaikan signifikan dalam pengelolaan bandwidth internet di perusahaan. Hasil terlihat jelas bahwa setelah penerapan load balancing metode PCC dan topologi hybrid, terdapat peningkatan yang signifikan pada kecepatan download dan upload, serta penurunan latency dan jitter di semua ruangan. Pada tabel di bawa, setelah menerapkan metode Load Balancing PCC dan Topologi Hybrid, terdapat peningkatan kualitas jaringan internet di kantor PT Circleone Nusantara Indonesia. Perbandingan hasil sebelum dan sesudah implementasi dapat dilihat pada tabel di bawah ini. Tabel Pengukuran bandwidth dari ke 3 ruangan sebelum dan sesudah diterapkan load balancing metode PCC dan Topologi Hybrid.

Table 2. Pengukuran bandwidth dari ke 3 ruangan sebelum dan sesudah diterapkan load balancing metode PCC dan Topologi Hybrid

Sebelum	Download	Upload	Latency/Jitter
Ruang Marketing	19.72 Mbps	6.323 Mbps	17.587ms/8.400ms
Ruang Office	49.55 Mbps	17.29 Mbps	16.50ms/7.100 ms
Ruang Teknisi	45.49 Mbps	25.74 Mbps	6.956ms/8.900ms
Setelah	Download	Upload	Latency / Jitter
Ruang Marketing	91.02Mbps	98.74 Mbps	3.538ms/2.200ms
Ruang Office	92.58 Mbps	92.29 Mbps	3.850ms/2.900ms
Ruang Teknisi	93.58 Mbps	93.56 Mbps	3.469ms/2.300ms





Gambar 12. Hasil dari ketiga Ruang

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengoptimalkan jaringan internet di PT Circleone Nusantara Indonesia dengan menerapkan topologi jaringan hybrid dan mengkonfigurasi router board MikroTik menggunakan teknik load balancing dengan metode PCC (Per Connection Classifier). Penerapan ini membuktikan bahwa metode PCC efektif dalam mendistribusikan lalu lintas jaringan secara merata dan efisien di antara berbagai link yang tersedia, mengatasi masalah downtime, latency tinggi, dan overload pada jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa topologi hybrid dan teknik load balancing PCC dapat meningkatkan ketersediaan dan keandalan jaringan. Distribusi beban koneksi yang merata pada setiap gateway memastikan bahwa jika salah satu sumber koneksi internet mengalami gangguan, koneksi secara otomatis dialihkan ke sumber yang masih berfungsi. Metode ini juga berhasil mengurangi tingginya latency dan overload, sesuai dengan konfigurasi yang diterapkan. Pengukuran Quality of Service (QoS) menunjukkan kualitas yang baik, sesuai dengan standar THIPON, dengan throughput rata-rata lebih dari 2 Mbps, delay rata-rata kurang dari 150 ms, packet loss rata-rata kurang dari 3%, dan jitter rata-rata kurang dari 125 ms. Ini membuktikan bahwa teknik load balancing PCC pada topologi jaringan hybrid dapat meningkatkan kinerja jaringan internet secara signifikan di PT Circleone Nusantara Indonesia.

REFERENSI

- [1] Chayim, M., Faisal, S., & Mudzakir, T. Al. (2021). Optimalisasi Jaringan Internet Pada Mikrotik Menggunakan Metode Queue Tree. ... Student Journal for ..., II, 214–223. <http://journal.ubpkarawang.ac.id/mahasiswa/index.php/ssj/article/download/249/178>
- [2] Doni, F. . (2015). Optimalisasi Jaringan Wireless Dengan Router Mikrotik Studi Kasus Kampus Bsi Tangerang. 175.45.187.195, II(1), 31124.

- [3] Fauzi, A., & Utami, D. Y. (2022). Implementasi Load Balancing Per address connection ECMP Algoritma Round Robin Mikrotik Router. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 5(2), 463–472. <https://doi.org/10.31289/jite.v5i2.6319>
- [4] Fritz Gamaliel, & P. Yudi Dwi Arliyanto. (2022). Perancangan Manajemen Jaringan Komputer Berbasis Mikrotik Dengan Menggunakan Top Down Network Design. *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Elektronik*, 5(2), 230–243. <https://doi.org/10.36595/jire.v5i2.693>
- [5] Harisman. (2017). Edisi Juni 2017 Volume X No. 2 ISSN 1979-8911. *Istek*, X(2), 52–67.
- [6] Haslindah, A., Kamal, Suratno, & Munir, M. M. (2022). Rancang Bangun Jaringan Hotspot Berbasis Mikrotik di Fakultas Teknik Universitas Islam Makassar. *Jurnal Teknologi Dan Komputer (JTEK)*, 2(01), 89–95. <https://doi.org/10.56923/jtek.v2i01.58>
- [7] Kapruwan, M. (2022). Study of Various Network Topologies Using Graph Theory. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(7), 389–396. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.45229>
- [8] Octavriana, T., Joni, K., & Ibadillah, A. F. (2021). Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Load Balancing Pada High Traffic Network. *Jurnal Teknik Informatika*, 14(1), 28–39. <https://doi.org/10.15408/jti.v14i1.15018>
- [9] Prahara, S., Martanto, & Ali, I. (2023). Optimalisasi Jaringan Internet Dengan Optimalisasi Load Balancing Menggunakan Parameter QOS (Studi Kasus: SMK Bina Warga Lemahabang). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(1), 211–217.
- [10] Rahmat, B. M. R. (2022). Implementasi Load Balancing Metode Per Connection Classifier Dan Failover Recursive Menggunakan Mikrotik. *JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik*, 6(2), 284–289. <https://doi.org/10.58486/jsr.v6i2.163>
- [11] Suhendi, H., & Gusdevi, H. (2023). Perancangan Jaringan Komputer Wide Area Network Menggunakan Mpls (Multylayer Protocol Labeling Switching). *Naratif: Jurnal Nasional Riset, Aplikasi Dan Teknik Informatika*, 5(1), 96–103. <https://doi.org/10.53580/naratif.v5i1.214>
- [12] Syahindra1, W. (2022). Perancangan dan Implementasi Router Mikrotik Pada Infrastruktur Jaringan Komputer Internet dengan Media Transmisi Wired dan Nirkabel (Studi Kasus: IAIN Curup) jaringan WAN atau internet diterapkan agar supaya router mikrotik ini dapat mengatur mengkonf. 2(1), 63–76.
- [13] Tampubolon, D. S., Hanifah Aprilyani, & Pulungan, R. W. (2022). Perancangan Jaringan dan Manajemen Bandwidth User dengan Mikrotik di Dinas Kominfo Provinsi Sumatera Utara. *Journal of Computer Science and Informatics Engineering (CoSIE)*, 01(1), 26–37. <https://doi.org/10.55537/cosie.v1i1.28>
- [14] Widodo, C., Yana, M., & Agung, H. (2018). Implementasi Topologi Hybrid Untuk Pengoptimalan Aplikasi Edms Pada Project Office Pt Phe Onwj. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(1), 19–30. <https://doi.org/10.15408/jti.v11i1.6472>
- [15] Yusnanto, T., Muin, M. A., & Wahyudiono, S. (2022). Analisa Infrastruktur Jaringan Wireless dan Local Area Network (WLAN) Menggunakan Wireshark Serta Metode Penetration Testing Kali Linux. *Journal on Education*, 4(4), 1470–1476. <https://doi.org/10.31004/joe.v4i4.2175>