

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMASI ANTARA METODE PCC (PER CONNECTION CLASSIFIER) DENGAN ECMP (EQUAL COST MULTI-PATH) PADA JARINGAN AKSES INTERNET MENGGUNAKAN MIKROTIK ROUTER OS

Veggy Al-Hamda, Yisti Vita Via, Henni Endah Wahanani

Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur

Jalan Raya Rungkut Madya No. 1 Surabaya, Indonesia

18081010056@student.upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Stabilitas koneksi internet dan mengidentifikasi peningkatan performa jaringan melalui penerapan dua metode load balancing, yaitu Equal Cost Multi-Path (ECMP) dan Per Connection Classifier (PCC). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan performa kestabilan internet dan bagaimana meningkatkan kinerja jaringan menggunakan dua metode keseimbangan berbeda, metode Equal Cost Multi-Path (ECMP) dan Per Connection Classifier (PCC), untuk mengevaluasi efisiensi dan kinerja masing-masing. Metodologi penelitian meliputi empat tahap utama yakni, analisis kebutuhan, perancangan topologi, konfigurasi metode load balancing, serta analisis hasil berdasarkan data pengujian. Load balancing berfungsi untuk mendistribusikan lalu lintas jaringan secara merata melalui dua atau lebih jalur koneksi guna mengoptimalkan pemanfaatan bandwidth dan meminimalkan gangguan akses internet. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan performa yang signifikan antara kedua metode tersebut. Pada parameter throughput, ECMP menghasilkan nilai total 0,131, sedangkan PCC menunjukkan performa lebih tinggi dengan nilai 0,382. Untuk parameter jitter dalam skenario unduh dan unggah, PCC mencatatkan persentase sebesar 175%, jauh di atas ECMP yang hanya sebesar 6%. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa metode ECMP lebih efektif dalam mendistribusikan lalu lintas secara merata, sementara PCC unggul dalam menjaga kestabilan transmisi data.

Kata kunci : Load balancing, ISP, PCC, ECMP, MikroTik, RouterOS

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pesat teknologi dalam era modern saat ini telah memberikan dampak yang signifikan pada kehidupan manusia, khususnya dalam konteks kemajuan teknologi internet. Penggunaan internet telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari, memudahkan akses informasi, mempercepat kegiatan, dan menyediakan platform untuk memenuhi berbagai kebutuhan. Dalam konteks ini, survei yang dilakukan Survei yang dilakukan oleh APJII (2025) mengungkapkan bahwa pengguna internet di Indonesia meningkat sekitar 6 juta pengguna dari tahun sebelumnya, yang pada tahun 2024 APJII memperkirakan jumlah pengguna internet mencapai 225 juta, sehingga pada tahun ini apabila memiliki presentase kenaikan maka pengguna internet pada tahun ini akan berkisar 231 juta pengguna.

Statistik resmi dari DataReportal (2025) menguatkan tren ini, yang juga dipublikasikan oleh We Are Social Media dan Meltwater menunjukkan bahwa jumlah pengguna internet terus meningkat hingga mencapai 212 juta pengguna. Prosentasi ini mengalami kenaikan 8,7% dibanding tahun lalu, dengan tambahan 17 juta pengguna baru dalam setahun terakhir. Dengan terus bertambahnya jumlah pengguna internet dan media sosial, Indonesia semakin mengukuhkan diri sebagai salah satu pasar digital terbesar di dunia.

Dengan lebih dari setengah populasi Indonesia sebagai pengguna internet, perkembangan ini tidak hanya memengaruhi kehidupan pribadi tetapi juga dunia bisnis. Bisnis dari skala kecil hingga

multinasional berlomba-lomba untuk memanfaatkan kemajuan internet guna mendukung dan meningkatkan operasional mereka. Bagi perusahaan, internet bukan hanya menjadi infrastruktur utama tetapi juga merupakan gerbang utama ke dunia luar dengan pengetahuan yang luas. Meskipun kehadiran internet memberikan banyak manfaat, koneksi internet seringkali menghadapi masalah, terutama terkait kecepatan dan stabilitas.

Gangguan pada akses internet dapat mengakibatkan putusnya koneksi, yang sering kali disebabkan oleh penggunaan satu ISP (*Internet Service Provider*) yang kemudian memerlukan pemulihan waktu, menghambat layanan koneksi [1]. Untuk mengatasi masalah ini, banyak perusahaan dan agensi menggunakan lebih dari satu ISP untuk mempertahankan kualitas akses internet. Dengan mengandalkan lebih dari satu ISP, perusahaan dapat menghindari gangguan akses internet dan memiliki akses cadangan jika salah satu ISP mengalami masalah. Salah satu kontribusi utama dalam mengoptimalkan penggunaan dua atau lebih jalur internet adalah melalui penerapan teknik *load balancing* [2].

Penelitian ini mencoba menjawab tantangan dalam mengoptimalkan kinerja akses internet dengan menggunakan lebih dari satu ISP dan menjelaskan bagaimana teknik *load balancing*, khususnya metode *Equal Cost Multi-Path* (ECMP) dan *Per Connection Classifier* (PCC), dapat menjadi solusi yang efektif. Dalam konteks ini, ketersediaan *bandwidth* juga menjadi faktor penting, dan penelitian ini akan

mengeksplorasi bagaimana penggunaan minimal dua jalur ISP dapat meningkatkan kapasitas *bandwidth* dan merinci peran teknik *load balancing* dalam meminimalkan beban trafik.

Masalah koneksi internet yang tidak stabil menjadi perhatian utama, dan solusi yang ditawarkan oleh penelitian ini adalah penggunaan sistem *load balancing*. Teknik ini tidak hanya memudahkan pembagian beban trafik secara efisien tetapi juga memberikan opsi untuk backup koneksi melalui *failover* ketika salah satu ISP mengalami gangguan.

Dengan merinci konsep dan metode *load balancing*, penelitian ini berusaha memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana memanfaatkan *server* secara efektif dan meminimalkan waktu respon dalam konteks jaringan yang kompleks. Keseluruhan, penelitian ini membahas pentingnya perusahaan memastikan koneksi internet yang stabil untuk menjaga kelancaran operasional bisnis mereka dan menghindari dampak negatif dari masalah koneksi yang tidak stabil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian Ahmad Tanton et al. yang berjudul "Comparative QoS Load balancing pada 4 Line Internet dengan metode PCC, ECMP dan NTH". Hasilnya, metode NTH memberikan performa terbaik pada uji ping dan throughput, disusul ECMP. PCC menjadi satu-satunya metode yang dapat mempertahankan koneksi saat salah satu jalur internet mati, tanpa perlu menggabungkan saluran aktif [2].

Penelitian selanjutnya oleh Reza Pakiding et al. yang berjudul "Simulasi perbandingan load balancing dengan metode Pcc, Ecmp, dan Nth menggunakan Gns3" menunjukkan bahwa metode PCC unggul dalam throughput, jitter, packet loss, dan latensi, dengan efektivitas 61%, dibanding ECMP (34%). PCC dan NTH mampu membagi lalu lintas secara merata, sementara ECMP hanya menggunakan satu saluran [3].

2.1. Jaringan Komputer

Menurut Astrid Noviriandini jaringan komputer adalah hubungan dua Buah simpul atau lebih yang tujuan utamanya adalah untuk melakukan pertukaran data [4]. Untuk mengukur kinerja dari sebuah jaringan, maka diperlukannya sebuah kualitas layanan atau *Quality of Service (QoS)* yang baik. Nilai dari *Quality of Service* dipengaruhi oleh 5 (lima) hal, yaitu *packet loss*, *throughput*, *delay*, *jitter* dan status koneksi.

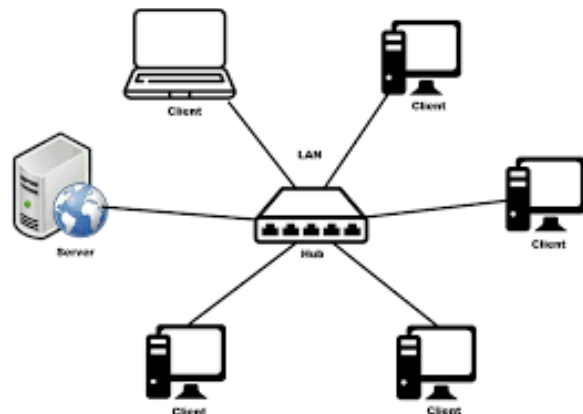
2.2. Server

Menurut Adias Sabara et al., *server* merupakan sistem komputer yang mengatur lalu lintas data yang terjadi pada sebuah jaringan [5]. Pada sebuah jaringan terdiri dari banyak beberapa komputer dan saling terhubung. Jaringan komputer yang menyediakan suatu layanan kepada pengguna yang disebut sebagai

client. Dibalik penggunaannya, *server* telah melakukan banyak proses untuk memenuhi permintaan dari *client*, oleh sebab itu sering kali *server* mengalami gangguan yang dikarenakan *server* tidak memiliki sumber daya (*resource*) yang mumpuni untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

2.3. Local Area Network (LAN)

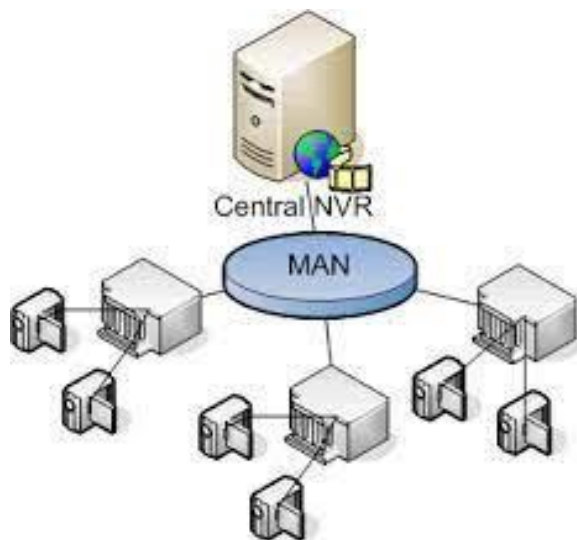
LAN merupakan jaringan komputer dengan ruang lingkup terbatas, meliputi lokasi seperti gedung, kampus, kantor, atau pabrik. Saat ini, kebanyakan LAN berbasis pada teknologi IEEE 802.3 Ethernet menggunakan perangkat *switch*, yang mempunyai kecepatan transfer data 10, 100, atau 1000 Mbit/s. Selain teknologi Ethernet, saat ini teknologi 802.11b atau biasa disebut Wi-fi juga sering digunakan untuk membentuk LAN. Tempat-tempat yang menyediakan koneksi LAN dengan teknologi Wi-fi biasa disebut hotspot [6]. LAN dapat digunakan minimal 2 (dua) komputer dengan spesifikasi (kapasitas) komputer rendah sekalipun. Adanya LAN akan menjadikan komputer terhubung dengan komputer lain, sehingga komputer tersebut seolah menjadi satu kesatuan dan bisa saling berinteraksi.



Gambar 1. Local Area Network

2.4. Metropolitan Area Network (MAN)

Jika penggunaan LAN sudah tidak memungkinkan untuk membangun jaringan maka jaringan MAN akan di gunakan, karena cangkupannya lebih besar dari LAN maka MAN menggunakan perangkat khusus dan memerlukan operator telekomunikasi yang bertugas sebagai penghubung antar jaringan komputer. Jenis jaringan komputer ini adalah jaringan komputer yang memungkinkan jarak yang cukup jauh. Tipe ini digunakan untuk membangun jaringan komputer antar gedung, dalam satu kota, atau antarkota yang berada pada jangkauannya. Jaringan ini biasanya digunakan oleh perusahaan-perusahaan besar seperti perbankan, BUMN, perusahaan penjualan motor, dan lain-lain [7].

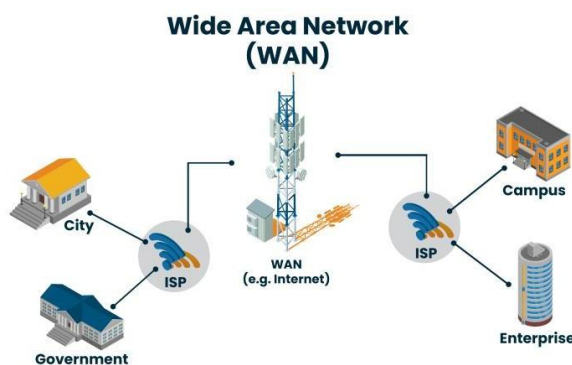


Gambar 2. Metropolitan Area Network

2.5. Wide Area Network (WAN)

Wide Area Network merupakan konsep yang menghubungkan perangkat jaringan komputer yang mencakup wilayah super luas dan menggunakan peralatan yang super canggih apabila di bandingkan dengan MAN dan LAN.

Sebagai contoh yaitu jaringan komputer antar wilayah, kota atau bahkan negara, atau dapat didefinisikan juga sebagai jaringan komputer yang membutuhkan *router* dan saluran komunikasi publik. WAN digunakan untuk menghubungkan jaringan lokal yang satu dengan jaringan lokal yang lain, sehingga pengguna atau komputer di lokasi yang satu dapat berkomunikasi dengan pengguna dan komputer di lokasi yang lain [8].



Gambar 3. Wide Area Network

2.6. Mikrotik Router OS

Menurut Dasmen *et al.*, Mikrotik OS merupakan sistem operasi khusus yang digunakan untuk manajemen *bandwidth* jaringan [9]. Kata mikrotik mengacu pada bahasa Latvia dari mana sistem operasi ini berasal, yang berarti jaringan kecil. Dengan visi menyederhanakan manajemen jaringan, mikrotik *router OS* menyediakan implementasi yang mudah, konfigurasi yang mudah, dan integrasi yang mudah dengan perangkat lain.

Mikrotik terdiri dari dua jenis yaitu Mikrotik *router OS* dan Mikrotik *routerBoard*. *Router* mikrotik adalah perangkat keras khusus yang telah diimplementasikan dengan sistem operasi mikrotik untuk digunakan sebagai *router*

2.7. Quality of Services (QoS)

Di bidang jaringan komputer dan packet-switched jaringan telekomunikasi, lalu lintas jaringan istilah *Quality of Services (QoS)* mengacu pada mekanisme control reservasi resource dari pada kualitas pelayanan yang dicapai. QoS adalah kemampuan untuk memberikan prioritas yang berbeda untuk berbagai aplikasi, pengguna, atau aliran data, atau untuk menjamin tingkat kinerja tertentu ke aliran data. Sebagai contoh, laju bit diperlukan, *delay*, *jitter*, *paket loss*, *throughput*, dan bit error rate.

Jaminan QoS penting jika kapasitas jaringan tidak cukup, terutama untuk aplikasi streaming multimedia secara real-time seperti voice over IP, game online dan IP-TV, karena sering kali ini tetap memerlukan bit rate dan tidak diperbolehkan adanya *delay*, dan dalam jaringan di mana kapasitas resource yang terbatas, misalnya dalam komunikasi data selular. Dalam ketiadaan jaringan, mekanisme QoS tidak diperlukan.

2.8. Load balancing

Load balancing merupakan metodologi jaringan komputer yang bekerja dengan cara mendistribusikan beban kerja di beberapa komputer atau kluster komputer untuk mencapai pemanfaatan optimal dari sumber daya, memaksimalkan *throughput*, meminimalkan waktu respon, dan menghindari kelebihan beban. Kluster *server* sendiri merupakan gabungan beberapa perangkat komputer yang saling terhubung dan bekerjasama sehingga mereka dapat dilihat sebagai satu sistem dalam banyak aspek, dan kluster komputer biasanya digunakan untuk meningkatkan kinerja dan ketersediaan atas satu komputer [10].

2.9. Metode Load balancing

Ada berbagai metode *Load balancing*, antara lain Static route dengan Address list, *Equal Cost Multi Path (ECMP)*, Nth dan *Per Connection Classifier (PCC)*. Setiap metode *Load balancing* tersebut memiliki kekurangan maupun kelebihan tersendiri, namun lebih dari hal itu, yang paling terpenting dalam menentukan metode *Load balancing* apa yang akan digunakan adalah harus terlebih dahulu mengerti karakteristik dari jaringan yang akan diimplementasikan.

Peneliti akan menjelaskan secara spesifik 2 metode yang digunakan dalam penelitian ini untuk menganalisis perbandingan metode *load balancing*. Yakni metode *Per Connection Classifier (PCC)* dan metode *Equal Cost Multi Path (ECMP)*.

2.10. Firewall

Firewall merupakan sistem keamanan jaringan di mana data terlindungi dari suatu pengguna yang tidak mempunyai izin yang berfungsi mengakses data tersebut. *Firewall* dapat bertindak menjadi penyeleksi di antara komputer di luar dan di dalam. Selain memiliki fungsi tersebut, *firewall* juga memiliki fungsi sebagai pengatur dan pengontrol jumlah data yang sudah diperbolehkan sebagai sistem akses jaringan pribadi. *Firewall* melaksanakan sebuah kontrol yang memiliki dasar atas alamat IP sumber, port UDP/TCP sumber serta tujuan, dan juga alamat IP tujuan, serta informasi header di mana informasi tersebut sudah tersimpan pada sebuah paket data.

2.11. Network Address Translation

NAT (*Network Address Translation*) adalah sebuah proses dimana sebuah jaringan privat dapat menggunakan IP Public untuk mengirimkan data, dimana memungkinkan untuk sebuah perangkat privat dapat mengakses jaringan publik. Dengan kata lain NAT akan menerjemahkan alamat IP privat menjadi satu IP Public yang dapat mengakses internet atau WAN (*Wide Area Network*). NAT memiliki beberapa jenis konfigurasi di antaranya NAT Statis, NAT Dinamis, Overloading NAT, Overlapping NAT.

NAT sendiri memiliki beberapa kelebihan salah satunya adalah dengan adanya NAT dapat menghemat alamat IPv4 yang jumlahnya makin sedikit seiring berjalannya waktu dan kebutuhan mengakses dunia digital. Di samping itu selain memiliki kelebihan NAT juga mempunyai beberapa kelemahan yaitu setiap kali sebuah komputer ingin terhubung dengan computer lainnya, baik untuk mendapatkan data atau mengirimnya dari atau keluar harus melewati *gateway*. Kemudian harus juga mengupdate akses list (*access-list*). Selain itu, sebuah *hardware* yang sudah di-NAT akan dapat menggunakan Port Translations atau membaca atau mengirim alamat IP seperti IP lain. Pada NAT ada dua jenis interface yaitu inside dan outside. Inside yang dimaksud disini adalah alamat asal atau alamat asli dari sebuah perangkat, sedangkan Outside adalah IP yang ada pada *router* yang telah dikonfigurasi dengan NAT.

2.12. Routing

Routing merupakan sebuah proses dimana item dapat disampaikan melalui sebuah rute jaringan yang terkonfigurasi untuk mencapai titik tujuan dari suatu lokasi. Ada dua macam jenis konfigurasi yang umum digunakan routing statis dan dinamis. Routing statis merupakan *router* yang memiliki tabel routing statis yang mengatur rute secara manual di dalam jaringan komputer yang bertujuan untuk pencegahan terjadinya error saat paket ke *router* tujuan yang akan meneruskan paket yang memiliki link yang terhubung ke banyak *router* [11]. Routing dinamis merupakan *router* yang memiliki tabel routing secara otomatis di dalam jaringan komputer yang berfungsi untuk

menentukan rute mana yang terbaik untuk mencapai *router* tujuan [12].

2.13. Point to Point Protocol over Ethernet (PPPoE)

Point to Point Protocol over Ethernet (PPPoE) adalah protokol jaringan untuk mengenkapsulasi Point-to-Point Protocol (PPP) frame dalam frame ethernet. PPPoE digunakan untuk membangun jaringan VPN dimana koneksinya menggunakan point to point tunnel. PPPoE Sebagai sebuah protokol tunneling, yang yang memiliki keamanan yang sangat baik, membutuhkan beberapa autentikasi untuk bisa terhubung ke *server*. Dengan keamanan dan autentikasi tersebut membuat PPPoE membutuhkan waktu tunda (*delay*) sehingga proses pengiriman atau transfer data berjalan lambat

2.14. Transmission Control Protocol (TCP/IP)

TCP/IP (*Transmission Control Protocol*) Standar dari TCP/IP adalah mengatur koneksi perangkat jaringan di dalam sambungan WAN, LAN, dan mampu mengelolah alamat ip secara konsisten. TCP merupakan seperangkat Protocol yang dibuat untuk jaringan komputer melakukan fungsi komunikasi. TCP/IP terbentuk dari kumpulan Protocol komunikasi yang memiliki tanggung jawab dalam komunikasi data. Oleh sebab itu, TCP/IP dapat menyebabkan komputer mampu berkomunikasi atau bertukar data antara satu dan lainnya [13].

3. METODOLOGI

Alur penelitian merupakan kerangka yang akan dilakukan selama masa penelitian tugas akhir berlangsung. Kerangka pembuatan akan dipetakan dengan bentuk diagram yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4. Alur Penelitian

Pada gambar 4 terlihat sebuah rencana penelitian yang dimulai dengan melakukan analisis kebutuhan sistem yang akan dijalankan nanti, diikuti dengan proses desain dan perancangan topologi untuk memfasilitasi pembangunan infrastruktur jaringan. Langkah selanjutnya adalah melakukan konfigurasi dan instalasi perangkat lunak yang diperlukan selama

penelitian berlangsung, tahap terakhir adalah menguji hasil konfigurasi untuk memastikan bahwa sistem berjalan dengan baik.

3.1. Analisis Kebutuhan

Dalam menunjang kelancaran penelitian, kebutuhan sistem menjadi hal yang sangat penting. Kebutuhan sistem ini sebanding dengan kebutuhan sumber daya, baik itu sumber daya perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Berikut adalah daftar kebutuhan sistem yang akan dibutuhkan:

3.2. Internet service provider (ISP)

Dalam penelitian ini, penulis membutuhkan minimal dua ISP yang nantinya akan di Load Balance dimana beban trafik akan dibagi secara bergiliran sesuai ketentuan algoritma round-robin ke masing-masing ISP sehingga trafik jaringan tidak akan overload. Dengan membagi trafik jaringan ke dua ISP secara tidak langsung *server* juga akan sehingga bisa mengurangi beban kinerja koneksi

3.3. Jalur Pertama

ISP Indihome dengan kecepatan *download* up to 10 Mbps dan *upload* up to 2 Mbps. Untuk melakukan koneksi internet terhadap jalur ISP indihome ini digunakanlah sebuah modem tipe ZTE F609 (Modem 1).

3.4. Jalur Kedua

Jalur kedua menggunakan ISP Indosat dengan kecepatan *download* up to 10 Mbps dan Upload up to 2 Mbps. Untuk melakukan koneksi internet terhadap jalur ISP ini digunakanlah sebuah modem RUT 240 Teltonika dengan GSM dengan menggunakan packet kuota yang telah terisi untuk masa waktu perbulan, tipe yang digunakan adalah Modem RUT 240 Teltonika (Modem2).

3.5. Router OS

Router OS ini diperlukan sebagai *Load balancer*, dimana paket keluar dan paket masuk akan melalui router ini. Router ini nantinya yang akan dikonfigurasi supaya request yang datang dari Client bisa diatur supaya diterima secara bergiliran sehingga tidak membebani salah satu *server* dari penyedia layanan internet.

Adapun spesifikasi dari Router Board RB750 dijelaskan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Spesifikasi Router Board RB750

Product code	RB750
Architecture	MIPS-BE
CPU	AR7241 400MHz
Main Storage/NAND	64MB
RAM	32MB
LAN ports	5

Switch Chip	1
Integrated Wireless	NO
Power Jack	10-28V
Operating System	RouterOS
Temperature Range	-40C...+55C

3.6. Winbox

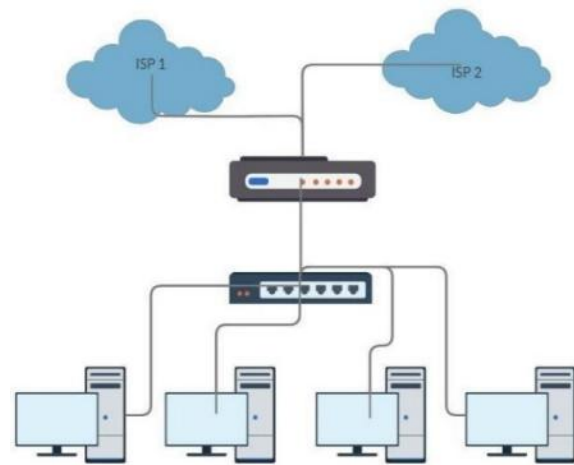
Winbox digunakan untuk melakukan remote ke perangkat mikrotik dalam mode GUI (Graphical User Interface). Sehingga dengan mode GUI ini akan lebih mudah untuk melakukan Setting Mikrotik

3.7. Kabel UTP CAT 6 AMP

Kabel UTP digunakan sebagai media transmisi pengiriman paket, tanpa adanya kabel ini paket tidak akan bisa dikirim. Penulis juga membutuhkan konektor untuk menghubungkan perangkat jaringan dengan kabel. Kabel UTP 5 buah dengan spesifikasi UTP CAT 6 AMP Commscope digunakan untuk menghubungkan Router Mikrotik ke masing masing PC client dengan menggunakan switch.

3.8. Perancangan Topologi

Pada penelitian ini, peneliti akan menjelaskan tentang alur dan mekanisme pembuatan *Load balancing* untuk meringankan beban beban kinerja Perancangan *server*.



Gambar 5. Perancangan Topologi

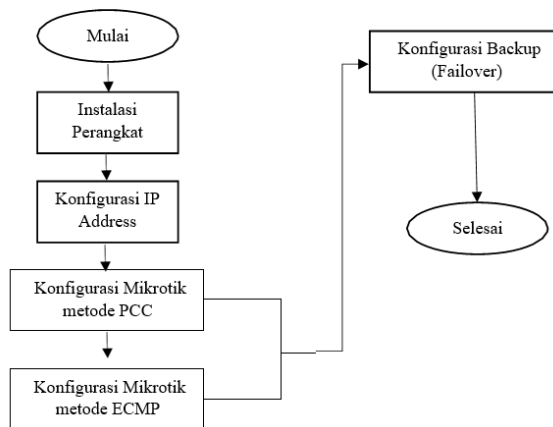
Berdasarkan gambar 5. Topologi system terdiri beberapa perangkat 2 modem ISP dengan provider yang berbeda yakni indihome dan hinet yang dihubungkan ke *router* mikrotik, untuk melakukan pengujian penulis melakukan pada 4 client PC/Laptop yang dihubungkan ke perangkat switch. kegunaan switch pada topologi hanya untuk menghubungkan ke *router* agar client dapat menerima ip dari *router* tersebut.

Berdasarkan gambar 5 Topologi system terdiri beberapa perangkat 2 modem ISP dengan provider yang berbeda yakni indihome dan hinet yang dihubungkan ke *router* mikrotik, untuk melakukan

pengujian penulis melakukan pada 4 client PC/Laptop yang dihubungkan ke perangkat switch. kegunaan switch pada topologi hanya untuk menghubungkan ke router agar client dapat menerima ip dari router tersebut provider yang berbeda yakni indihome dan hinet yang dihubungkan ke router mikrotik.

Untuk melakukan pengujian penulis melakukan pada 4 client PC/Laptop yang dihubungkan ke perangkat switch. kegunaan switch pada topologi hanya untuk menghubungkan ke router agar client dapat menerima ip dari router tersebut hubungkan ke router agar client dapat menerima ip dari router tersebut.

3.9. Konfigurasi Metode Load balancer



Gambar 6. Konfigurasi Metode Load balancer

Alur konfigurasi sistem yang melibatkan beberapa tahapan sesuai dengan tabel yang diberikan. Tahapan pertama adalah Instalasi Perangkat, di mana perangkat-perangkat yang diperlukan dipasang dan dihubungkan sesuai dengan topologi yang telah dibuat sebelumnya. Tahapan kedua adalah Konfigurasi IP Address, di mana setiap perangkat diberikan IP Address untuk identifikasi dalam jaringan.

Tahapan ketiga melibatkan konfigurasi mikrotik menggunakan metode PCC, di mana trafik jaringan dibagi menjadi dua sumber internet dengan membuat aturan pada Firewall untuk mengarahkan paket ke server penyedia layanan internet melalui dua interface yang berbeda. Pembagian ini dilakukan berdasarkan penandaan koneksi dan routing sesuai dengan metode PCC. Tahapan keempat adalah konfigurasi mikrotik menggunakan metode ECMP, yang melibatkan konfigurasi ip firewall mangle untuk memetakan koneksi atau paket data ke gateway tujuan dengan membuat aturan mark-connection dan mark-routing. Ini bertujuan untuk menjaga agar koneksi keluar tetap melalui interface yang sesuai dengan interface trafik pada router.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Implementasi Load balancing pada Mikrotik Router

Pada implementasi jaringan ini menggunakan jaringan local yang terdiri dari dua jalur ataupun dua provider yang akan di Load balancing. Provider pertama dengan IP 192.168.1.2/24 dan provider kedua IP 192.168.137.84.

Dalam penelitian ini dua metode load balancing yang akan diimplementasikan adalah PCC load balancing dan ECMP load balancing. Kedua metode load balancing ini sama sama menggunakan static routing dan topologi yang sama, namun berbeda dalam hal rule dan hasil akhir yang didapat, terutama dari teknik pembagian beban terhadap koneksi yang di load balancing.

4.2. Konfigurasi Router

Dalam penelitian ini menggunakan RB750 sebagai router. Dikarenakan di karenakan di dalam RB750 telah terpasang Mikrotik RouterOS dengan versi 5.6 sehingga tidak diperlukan instalasi Mikrotik RouterOS terlebih dahulu. Sebelum melakukan beberapa konfigurasi dasar sebagai pendukung sehingga konfigurasi untuk load balancing dapat berjalan dengan baik.

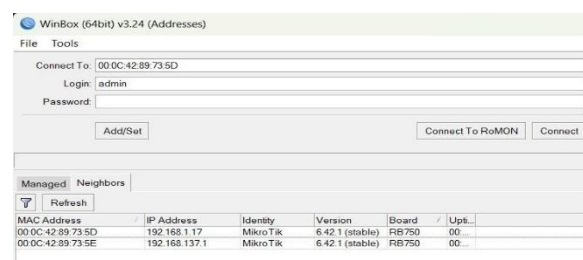
Berikut merupakan langkah awal dalam mengkonfigurasi Mikrotik pada RB750 :

Default IP address pada RB750 adalah 192.168.88.1. Untuk dapat mengaksesnya yaitu dengan mengisikan alamat IP 192.168.88.1 pada browser yang tersedia hingga tampil halaman seperti dibawah ini:



Gambar 7. Mikrotik pada Browser

Kemudian untuk masuk ke Mikrotik dapat dilakukan dengan cara, yaitu dengan menggunakan Winbox. Jika menggunakan Winbox maka kita tinggal men-download Winbox loader melalui halaman Mikrotik dan mengisikan IP address dari Mikrotik pada Winbox loader seperti pada gambar berikut:



Gambar 8. Tampilan Winbox 64bit

4.3. Pengujian dan Analisa

Berdasarkan rancangan diatas, maka peneliti akan melakukan beberapa pengujian untuk mengetahui hasil perbandingan kinerja metode PCC dan ECMP. Selain itu pengujian ini juga dilakukan untuk mengetahui metode mana yang paling baik digunakan untuk penerapan pada *load balancing* jaringan yang sesuai dengan kebutuhan user. Terdapat empat parameter pengujian yang dilakukan pada pengujian di kedua metode tersebut, di antaranya throughput, delay, jitter, dan packet loss.

4.4. Tabel Pengujian Download dan Upload

Berikut adalah tabel uji *download* dan *upload* dengan kedua metode *load balancing* yang mana dalam pengujian bergantian ketika melakukan *download* dan *upload*. Dalam pengujian ukuran yang di uji antara lain kelipatan dari 50 MB.

Dalam tabel 2 dapat diambil kesimpulan bahwa metode ECMP lebih unggul dalam melakukan Download dan Upload yang mana setiap ukuran data yang ada ECMP lebih cepat dibandingkan PCC.

Tabel 2. Tabel Pengujian Download dan Upload

Ukuran data		Interval waktu	
		PCC	ECMP
50 MB	Download	32 DETIK	30 DETIK
100 MB		55 DETIK	53 DETIK
150 MB		01.20 MENIT	01.08 MENIT
50 MB	Upload	02.38 MENIT	02.02 MENIT
100 MB		04.36 MENIT	03.55 MENIT
150 MB		06.10 MENIT	06.07 MENIT

4.5. Tabel Perbandingan Hasil Pengujian Metode ECMP dan PCC

Berikut ini adalah tabel perbandingan antara metode ECMP dan PCC yang ditinjau berdasarkan hasil pengujian kinerja :

Keterangan :

TP : Throughput

JT: Jitter

OJ : Objek

UD : Upload

DL: Delay

PL : Packet loss

DD : Download

BG : Browsing

Tabel 3. Perbandingan metode PCC

Ukuran & Waktu	OJ	PCC							
		PC 1				PC 2			
		TP (Kbps)	DL (ms)	JT (ms)	PL (%)	TP (Kbps)	DL (ms)	JT (ms)	PL (%)
10 MB	DD	1877	0,4	0,4	1,3	1671	0,56	0,5	1,3
50 MB		2346	0,99	0,4	1	3324	0,52	0,7	1
100 MB		3322	0,33	0,3	0,4	3551	0,33	0,1	0,4
10 MB	UD	2059	0,51	0,5	1,3	1898	0,55	0,5	1,3
50 MB		2604	0,43	0,4	8,5	4213	0,30	0,7	8,5
100 MB		3059	0,34	2	0,2	3867	0,42	1,4	0,2
1 MENIT	BG	2,3	5,28	2,7	1	1,15	6,4	2,1	1
2 MENIT		2,4	4,95	8,9	1,7	0,94	7,8	5,4	1,7
3 MENIT		2,6	4,9	8	0,4	2,3	3,4	1,6	0,4

Dalam tabel diatas dapat dilihat metode PCC lebih mendominasi dalam satu jalur dalam sebuah jaringan yang mana membebani sebuah jalur pada jaringan.

Selanjutnya pada metode ECMP didapatkan hasil perbandingan yang dapat dilihat pada table dibawah ini :

Tabel 4. Perbandingan metode ECMP

Ukuran & Waktu	OJ	ECMP							
		PC 3				PC4			
		TP (Kbps)	DL (ms)	JT (ms)	PL (%)	TP (Kbps)	DL (ms)	JT (ms)	PL (%)
10 MB	DD	1671	0,58	0,5	3,3	1680	0,44	0,4	3,3
50 MB		3324	0,32	0,1	1,1	3495	0,24	0,3	1,1
100 MB		3551	0,30	0,1	0,7	3528	0,23	0,3	0,7
10 MB	UD	3816	0,25	0,7	0,6	800	1,37	2,1	0,6
50 MB		4213	0,30	1,9	1,9	1163	1	5,8	1,9
100 MB		3867	0,31	3,5	0,6	1234	1,2	6	0,6
1 MENIT	BG	1,9	3,9	3,7	6,3	2,1	2,6	3,5	6,3
2 MENIT		1,6	4,4	2,3	5,3	2,1	2,7	1,4	5,3
3 MENIT		1,7	4,3	4,8	8,2	2,2	2,5	3,9	8,2

Hasil pengujian telah dilakukan pada kedua metode yaitu metode ECMP dan PCC dapat di ambil kesimpulan kedua metode dapat diterapkan sesuai keinginan user yang mana lebih baik digunakan dan diperlukan dalam membangun jaringan. Dalam pengujian setiap metode memiliki kelebihan masing-

masing.

Metode ECMP dalam kasus kepada user yang sangat mengutamakan dalam hal *download* Dan *upload* maka metode ECMP ini lebih layak di implementasikan dalam sebuah jaringan. Metode PCC ini dalam analisis dan pengujian dilakukan metode ini

sangat menstabilkan jaringan ketika membuka situs ataupun dapat dikatakan browsing seperti yang dapat dilihat pada tabel pengujian pcc dan menurut hasil pengujian yang dapat dilihat di parameter QoS metode ini baik diimplementasikan ketika user bermain game online karena di bandingkan metode ECMP, metode PCC ini lebih stabil.

Metode Load Balance PCC yang diterapkan ini mendominasi sebuah jalur pada jaringan berbeda dengan metode ECMP dikarenakan metode ECMP ini mengadopsi algoritma round robin yang mana algoritma ini selalu mengganti *gateway* maka metode ECMP ini sering melakukan pergantian *gateway* pada jaringan sedangkan untuk metode PCC menggunakan algoritma yang berbeda yaitu algoritma hashing. Algoritma hashing ini kinerja yang dilakukan nya adalah mengelompokkan packet-packet.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis penelitian menunjukkan bahwa pemuatan masing-masing metode berbeda secara signifikan dari yang lain. ECMP memiliki pemuatan yang lebih baik daripada PCC karena paket didistribusikan lebih merata di dua jalur di ECMP, sedangkan PCC lebih berat di satu jalur. Dengan membandingkan metrik throughput unduhan ECMP dan PCC. dengan 100 MB data, pendekatan ECMP menjadi 6,7% lebih besar, dengan 50 MB data menjadi 5% lebih besar, dan dengan 10 MB data menjadi 1,4% lebih besar. Teknik ke-upload dan throughput PCC. Pendekatan PCC adalah 11,2% lebih besar pada 100 MB data, 10% lebih besar pada 50 MB data, dan 17% lebih besar pada 10 MB data dibandingkan dengan metode ECMP. Teknik ECMP dan PCC digunakan untuk menguji parameter proses pengunduhan dan pengunggahan. Saat membandingkan kedua metode tersebut, teknik ECMP berukuran 98% lebih besar pada 100 MB sedangkan pendekatan PCC berukuran 24,52% lebih besar pada ukuran yang sama. Teknik Download dan Upload ECMP dan PCC digunakan untuk menguji parameter jitter. Menggunakan teknik ECMP menghasilkan ukuran file 6% lebih besar dibandingkan dengan PCC, sedangkan metode pengunduhan PCC 175% lebih besar pada 50 MB. Mekanisme penyeimbangan beban PCC dan ECMP harus disesuaikan dengan harapan pengguna, persyaratan jaringan, dan penggunaan saat ini. Diharapkan penelitian tambahan diperlukan untuk menerapkan penyeimbangan beban, yang dapat dibuat dengan dua cara.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. A. Pasaribu and M. T. Unggul, "Comparison Analysis of Load Balance Performance Per Connection Classifier (Pcc) And Equal Cost Multi-Path (Ecmp) Networks for Multiple Path

Networks," vol. 1, no. 2, pp. 11–20, 2022.

- [2] A. Tanton, M. T. A. Zaen, and L. Mutawalli, "Komparasi QoS Load Balancing Pada 4 Line Internet dengan Metode PCC, ECMP dan NTH," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 110, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3436.
- [3] R. Pakiding *et al.*, "Simulasi Perbandingan Load Balancing Dengan Metode Pcc, Ecmp, Dan Nth Menggunakan Gns3," *J. Jarkom*, vol. 09, no. 01, pp. 30–39, 2021.
- [4] Astrid Noviriandini, Hermanto Hermanto, Diah Ayu Ambarsari, and Didy Eriawan, "Analisis Management Bandwidth Dan Firewall Dengan Router Mikrotik Pada Pt. Bca Multifinance," *J. Tek. dan Sci.*, vol. 1, no. 3, pp. 40–45, 2022, doi: 10.56127/jts.v1i3.466.
- [5] M. Adias Sabara, U. M. Albab, and H. Arwidya, "Rancang Bangun Webmail Server Di Cv. Berkah Sandhi Abadi Lebaksiu Tegal Berbasis Linux Debian 7.6," *Kampus II Jl. Dewi Sartika No. 71 Tegal Telp*, vol. 8, no. 2, p. 350567, 2020.
- [6] W. O. G. P. Putra, Dan, and A. N. K. I. Jaya, "Implementation of Bandwidth Management Using Mikrotik Router Os (Case Study at Pt. Rejeki Maha Bumi Lestari)," *RESI J. Ris. Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.unhi.ac.id/index.php/resi/article/view/2936>
- [7] Normah, B. Rifai, S. Vambudi, and R. Maulana, "Analisa Sentimen Perkembangan Vtuber Dengan Metode Support Vector Machine Berbasis SMOTE," *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 8, no. 2, pp. 174–180, 2022, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- [8] A. Krismadi, A. F. Lestari, A. Pitriyah, I. W. P. A. Mardangga, M. Astuti, and A. Saifudin, "Pengujian Black Box berbasis Equivalence Partitions pada Aplikasi Seleksi Promosi Kenaikan Jabatan," *J. Teknol. Sist. Inf. dan Apl.*, vol. 2, no. 4, p. 155, 2019, doi: 10.32493/jtsi.v2i4.3771.
- [9] R. N. Dasmen, K. Pangestu, and K. Saputra, "Aplikasi Mikrotik Dasar Sebagai Pembatasan Bandwidth pada Warung Internet Teranet One di Prabumulih," *J. Komput. dan Inform.*, vol. 10, no. 1, pp. 72–77, 2022, doi: 10.35508/jicon.v10i1.6270.
- [10] S. D. Riskiono and D. Pasha, "Analisis Metode Load Balancing Dalam Meningkatkan Kinerja Website E-Learning," *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, p. 22, 2020, doi: 10.33365/jti.v14i1.466.
- [11] M. Muhallim, "Pengembangan Jaringan Komputer Universitas Andi Djemma Berdasarkan Perbandingan Protokol Routing Statik Dan Ospfv2," *PENA Tek. J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, p. 89, 2019, doi: 10.51557/pt_jiit.v4i1.218.
- [12] R. D. Marcus, R. A. Saputro, and F. Y. Pamuji, "Optimasi Jaringan Routing Open Shortest Path First Dengan," vol. 5, no. 1, pp. 612–618, 2020.
- [13] K. T. Nugroho, B. Julianto, D. R. Tisna, and D. F. N. M. S, "Quality Analysis of Service Load Balancing Using Pcc , Ecmp and Nth Methods," *Janapati*, vol. 12, no. 2021, pp. 33–41, 2023.