

Implementasi Load Balancing Dengan Menggunakan Mikrotik Pada PT. Pos Indonesia KCU Banjarmasin

Muhammad Fajarruddin^{*1}, Denar Regata Akbi², Lailatul Husniah³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Malang

muhammadfajarruddin@webmail.umm.ac.id^{*1}, dnarregata@umm.ac.id^{*2}, husniah@umm.ac.id^{*3}

Abstrak

Mengingat pesatnya perkembangan teknologi informasi, khususnya Internet, diperlukan untuk memaksimalkan manfaatnya dan meminimalkan dampak buruknya. PT. POS INDONESIA KCU BANJARMASIN menggunakan multikoneksi dengan dua ISP dan bandwidth berbeda untuk memenuhi kebutuhan Internet. Menggunakan beberapa koneksi dapat membantu meningkatkan stabilitas dan kecepatan akses jaringan Internet. Dari pengujian yang telah dilakukan, 3 metode yang digunakan dapat disimpulkan bahwa metode PCC efektif digunakan untuk melakukan download file dengan hasil terbaik, dengan kecepatan download hingga 40 Mb/s. Selanjutnya diikuti pengujian upload file dengan 3 metode, dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa metode PCC efektif digunakan untuk melakukan upload dengan hasil mencapai 37,8 Mb/s. Hasil pengujian quality of service dimulai dari throughput, ECMP mampu menghasilkan throughput tertinggi dibandingkan metode PCC dan NTH. Pengujian Packet Loss metode PCC menghasilkan Packet Loss paling rendah dibanding dengan metode lain dengan hasil 1ms. Pengujian Jitter menunjukkan metode NTH mendapatkan hasil Jitter tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan ECMP dengan hasil 61ms. Pada pengujian delay, metode ECMP menghasilkan delay terendah dibandingkan, metode PCC dan NTH dengan hasil 61ms.

Kata Kunci: Quality of services, Load Balancing, PCC, NTH, ECMP

Abstract

Given the rapid development of information technology, especially the Internet, it is necessary to maximize its benefits and minimize its adverse effects. PT POS INDONESIA KCU BANJARMASIN uses multiconnection with two ISPs and different bandwidths to meet Internet needs. Using multiple connections can help improve the stability and speed of Internet network access. From the tests that have been carried out, the 3 methods used can be concluded that the PCC method is effectively used to download files with the best results, with download speeds of up to 40 Mb/s. Furthermore, followed by file upload testing with 3 methods, from the test it can be concluded that the PCC method is effectively used to upload with results reaching 37.8 Mb/s. The results of quality of service testing start from throughput, ECMP is able to produce the highest throughput compared to the PCC and NTH methods. Packet Loss testing PCC method produces the lowest Packet Loss compared to other methods with the result of 1ms. Jitter testing shows that the NTH method gets the highest Jitter results compared to the PCC and ECMP methods with 61ms results. In delay testing, the ECMP method produces the lowest delay compared to the PCC and NTH methods with 61ms.

Keywords: Quality of services, Load Balancing, PCC, NTH, ECMP

1. Pendahuluan

Di era globalisasi yang berkembang pesat dari berbagai teknologi, semakin bertambah banyak perangkat yang mampu mengakses internet. Saat ini, internet pun menjadi kebutuhan manusia untuk melakukan berbagai kegiatan. Internet juga sudah dengan mudah dapat diakses dan dapat diintegrasikan dengan peranti seperti, komputer, dan *smartphone*. Melalui jaringan yang global, hampir semua hal dapat diakses dengan cara yang mudah dan cepat[1].

Tidak jarang juga, untuk menjaga kualitas layanan internet, suatu korporasi menggunakan lebih dari satu *Internet Service Provider* (ISP). Hal tersebut bertujuan untuk menghindari terputusnya koneksi internet, jika suatu saat layanan dari salah satu ISP mengalami gangguan.

Tingginya beban lalu lintas jaringan pada infrastruktur sistem jaringan komputer menyebabkan tingginya beban yang diterima oleh *gateway* di setiap host. [2]

Mikrotik router sebagai *Load Balancer* atau sebagai pengatur jalur, jalur mana yang akan dilalui dan sebagai pembagi dari beban koneksi jaringan internet client agar dapat disalurkan ke semua *link* koneksi yang tersedia pada *Load Balancing* di router mikrotik. Sebagai solusi dari masalah tersebut, *Load Balancing* sangat cocok diterapkan pada jaringan yang memiliki permasalahan seperti ini, Dalam mekanismenya, mikrotik menandai paket data dari *client* yang mengakses internet, kemudian menyetarakan beban dari setiap jalur ISP dan memilih jalur mana yang akan dilewatinya karena *Firewall Mangle* akan melakukan perlawanan setiap koneksi baru yang akan terjadi, menandai koneksi, kemudian memberikan *routing mark* untuk setiap *connection-mark* yang dibuat[3].

Load balancing juga sangat penting ketika berada di jaringan computer dengan skala besar dan lalu lintas data yang ada dalam jaringan tersebut tinggi. Dengan menggunakan fitur *load balancing*, memungkinkan untuk dapat mengakses sumber daya internal jaringan dengan mendistribusikannya ke beberapa host dengan *errata*, sehingga tidak terpusat dan kinerja jaringan secara keseluruhan bisa menjadi stabil[4].

Dalam penelitian terdahulu, yang menerapkan *Load Balancing* adalah "QUALITY ANALYSIS OF SERVICE LOAD BALANCING USING PCC, ECMP AND NTH METHODS". Penelitian ini melakukan pengujian dengan 3 metode dari *Load Balancing*. Pada perbandingan tersebut, didapatkan kesimpulan bahwa *delay* dan *jitter* dari metode ECMP lebih stabil dibandingkan metode PCC dan NTH. Pada pengujian *packet loss*, metode PCC mendapatkan hasil lebih kecil dibandingkan metode ECMP dan NTH. [5]

Pada penelitian lain, "IMPLEMENTASI LOAD BALANCING DAN FAILOVER TO DEVICE MIKROTIK ROUTER MENGGUNAKAN METODE NTH (STUDI KASUS: PT. GO-JEK INDONESIA)", Penelitian tersebut berhasil melakukan konfigurasi dan penerapan *load balancing* dan *failover* yang telah diterapkan pada router mikrotik menghasilkan keseimbangan lalu lintas jaringan pada dua jalur koneksi dengan menggunakan metode NTH. [6]

Penelitian terakhir yaitu, "Komparasi QoS Load Balancing Pada 4 Line Internet DENGAN Metode PCC, ECMP Dan NTH", penelitian tersebut mendapatkan kesimpulan bahwa komparasi QoS *load balance* menggunakan 4line internet menyimpulkan bahwa metode NTH merupakan metode terbaik dalam penganungan banyak jalur internet, hal tersebut dilihat dari segi pengujian *ping* dan *throughput*. Metode ECMP menghasilkan *throughput* yang baik juga di urutan ke dua. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa metode PCC hanya bisa 1 jalur internet saja yang aktif, apabila 1 jalur tersebut terjadi gangguan, maka jalur yang lain akan jadi cadangan menuju ke internet tanpa terjadi pengabungan jalur yang masih aktif dan lancar. [7]

Dari beberapa penelitian terdahulu, peneliti mencoba mengimplementasikan *Load Balancing* dengan metode NTH, ECMP, dan PCC pada jaringan kantor PT. POS INDONESIA KCU Banjarmasin, untuk mengetahui metode mana yang lebih cocok untuk digunakan dengan Mikrotik RB941.

Dari latar belakang diatas, pada kantor PT. POS INDONESIA KCU Banjarmasin ini akan dilakukan pengujian menggunakan 3 metode *Load Balancing*, untuk mencari metode manakah yang cocok digunakan berdasarkan permasalahan pada kantor tersebut, yaitu perlunya pendistribusian jalur internet yang merata pada *client*, agar akses internet lebih stabil, karena internet yang stabil sangat dibutuhkan pada kantor untuk menunjang kinerja kantor. Permasalahan yang lebih umum adalah lambatnya koneksi internet pada kantor karena selain banyaknya pengguna yang mengakses internet adapun koneksi dari ISP, yang berfokus pada 1 pengguna saja. Maka dari itu, diperlukan 2 ISP dalam perusahaan tersebut dan menjadikan Mikrotik sebagai *distributor* internet kepada pengguna agar internet tidak terfokus pada 1 jalur ISP dan membuat koneksi internet menjadi lebih stabil.

Dari hasil observasi, didapatkan kesimpulan bahwa kurang pendistribusian dari *router* ke pengguna jaringan. Hal itu dapat mengakibatkan pengguna yang terhubung menggunakan LAN ke *router* dapat mengakses lebih optimal dibandingkan dengan pengguna yang terhubung melalui Wi-Fi, sehingga menyebabkan pengguna yang terhubung melalui Wi-Fi mendapatkan *bandwith* yang lebih kecil. Solusi yang disarankan adalah dengan cara melakukan implementasi *Load Balancing* menggunakan router mikrotik sehingga distribusi internet dari LAN maupun Wi-Fi dapat menjadi optimal dan membuat internet lebih stabil. [8]

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, penulis mencoba melakukan riset dengan melakukan pengujian untuk penelitian demi mengambil hasil dari analisa performa

jaringan internet yang terjadi pada kantor PT. POS Indonesia KCU Banjarmasin dengan melakukan pengujian *Load Balancing* dengan metode NTH, ECMP, dan PCC.

1.1. Load Balancing

Load balancing merupakan teknik pendistribusian beban lalu lintas jaringan pada dua jalur atau lebih, sehingga mendapatkan lalu lintas jaringan yang seimbang, *traffic* yang lebih optimal, *throughput* data maksimal, *delay* minimal, serta tidak terjadi kelebihan beban lalu lintas jaringan. *Load balancing* juga dapat diimplementasikan pada perusahaan yang memiliki dua jalur internet atau lebih. Penelitian yang terkait, menyatakan beban jaringan tidak menjadi lebih ringan dengan adanya *load balancing*, akan tetapi *load balance* bertugas sebagai pengatur alokasi beban jaringan.[9]. Teknik *load balancing* dibagi menjadi beberapa yang sering digunakan yaitu metode *static route* menggunakan NTH, *Equal Cost Multi Path* (ECMP), dan metode *Per Connection Classifier* (PCC).[10] Berikut merupakan penjelasan dari metode pada *load balancing*:

1.1.1. Equal Cost Multi Path (ECMP)

ECMP merupakan metode *routing* yang bisa digunakan sebagai pengatur jalur paket data melewati beberapa jalur yang memiliki nilai sama. *Engine* yang bertugas menyalurkan paket mengidentifikasi jalur berdasarkan pada *hop* selanjutnya. [11]

1.1.2. NTH

NTH adalah fitur pada *firewall* yang digunakan untuk menghitung paket data. NTH juga dapat dikatakan sebagai suatu *integer* (bilangan ke-N). NTH dapat menentukan pembagian koneksi untuk di *mangle* ke rute yang telah dibuat dalam *Load Balancing*, hal tersebut dikarenakan menggunakan *algoritma round robin*. *Mangle* juga dapat dikatakan sebagai tahapan paket data yang datang dari antarmuka tertentu kemudian akan dijalankan. [12]

1.1.3. Per Connection Classifier (PCC)

PCC adalah metode yang dimana suatu paket dispesifikasikan ke *gateway* koneksi tertentu. Metode PCC dapat mengelompokkan lalu lintas koneksi jaringan sebelum melewati *router* menjadi beberapa kelompok. Router mikrotik dapat mengingat *gateway* yang telah dilalui pada awal lalu lintas koneksi. Karena itulah, paket data setelahnya yang ada kaitannya dengan paket data sebelumnya dapat melewati jalan *gateway* yang sama. [13]

Tabel 1. Perbedaan Masing Masing Metode Load Balancing

Metode	Kelebihan	Kekurangan
ECMP	- mampu membagi beban lalu lintas jaringan berdasarkan perbandingan kecepatan diantara 2 atau lebih ISP	- sering terjadi diskoneksi yang disebabkan oleh <i>routing table</i> yang memulai ulang secara otomatis setiap 10 menit
PCC	- mampu menspesifikasi <i>gateway</i> tiap paket data yang masih berhubungan dengan data yang sebelumnya sudah dilewatkan pada salah satu <i>gateway</i>	- dapat terjadi <i>overload</i> pada salah satu <i>gateway</i> yang disebabkan pengaksesan situs atau tujuan yang sama
NTH	- mampu membagi dalam penyebaran paket data yang merata pada <i>gateway</i>	- memungkinkan terjadi putusnya koneksi yang disebabkan perpindahan <i>gateway</i> karena <i>load balancing</i>

1.2. Internet Service Provider (ISP)

Internet Service Provider (ISP) merupakan suatu kemampuan dari sebuah perusahaan penyedia layanan telekomunikasi berbasis teknologi *broadband*, untuk mengakses jaringan

internet dengan menggunakan jaringan telekomunikasi yang sesuai kebutuhan dan keinginan dari pelanggan.[14]

1.3. Jaringan Komputer

Jaringan komputer merupakan kumpulan dari beberapa komputer yang saling terhubung, kemudian membentuk sebuah jaring-jaring yang dapat saling berhubungan satu sama lain. Tidak hanya saling terhubung, akan tetapi dapat dimanfaatkan untuk berbagi sumber daya, berkomunikasi, dan dapat juga untuk mengakses informasi.[15]. *Virtual Lan* (VLAN) merupakan teknologi yang digunakan untuk memecah wilayah *broadcast* pada sebuah perangkat yang bernama *switch*. Pada dasarnya di setiap *port switch* akan digabungkan dalam satu wilayah *broadcast* yang sama. Apabila terdapat salah satu komputer yang mengirimkan data secara *broadcast*, maka data tersebut diteruskan sampai ke semua *port* selain *port* yang digunakan oleh komputer pengirim untuk mengirimkan data *broadcast* tersebut.[16]

1.4. Bentuk Jaringan

Pada jaringan komputer, dapat dibagi menjadi 3 (tiga) macam jika dilihat dari sisi geografis. Adapun macam bentuk sebagai berikut:

1.4.1. Local Area Network (LAN)

LAN adalah sebuah jaringan yang menghubungkan lebih dari satu komputer yang mencakup area kecil atau lokal, seperti rumah, atau kantor. LAN memiliki batasan cakupan wilayah dalam satu lingkungan tertentu yang dapat menghubungkan jaringan milik pribadi di dalam sebuah bangunan atau gedung.[17]. Penerapan dari LAN sangatlah sederhana, hanya perlu menggunakan kabel *Unshield Twisted Pair* (UTP) dan *switch* untuk komunikasi menggunakan kabel dan *Access Point* untuk komunikasi secara nirkabel.[18]

1.4.2. Metropolitan Area Network (MAN)

MAN merupakan sebuah jaringan komputer yang cakupan areanya cukup luas. cakupan jaring MAN bisa dalam satu kota yang sama dengan berkecepatan tinggi. Adapun jarak antara pusat atau *server* dengan pengguna atau *client* berada diantara 5 KM sampai 50 KM. Jenis jaringan ini umumnya digunakan untuk menghubungkan server dari perusahaan dengan kantor cabang.[19]. Untuk membuat sebuah jaringan MAN, dibutuhkan operator telekomunikasi yang mana mampu menghubungkan antara jaringan komputer dengan jaringan komputer lainnya. Misalnya, jaringan antar wilayah kota bahkan pula jaringan mall-mall untuk dapat saling terhubung dengan antar kota yang ada. Jaringan ini juga mampu mencakup suatu kota yang dibekali dengan kecepatan transfer data yang tinggi. Dapat dikatakan juga jaringan MAN merupakan gabungan dari beberapa jaringan LAN.[15]

1.4.3. Wide Area Network (WAN)

WAN merupakan sebuah jaringan komunikasi data yang mampu menghubungkan pengguna pada jaringan yang berada dalam wilayah geografis yang sangat luas[5]. Jaringan WAN berbeda dengan LAN yang menghubungkan stasiun kerja, peralatan, terminal, dan peralatan lain dalam sebuah gedung. Perusahaan yang menggunakan WAN dapat membuat koneksi antara kantor pusat dan kantor cabang yang terletak di tempat-tempat terpencil.[15]. Jaringan WAN beroperasi pada lapisan fisik dan lapisan data link dari lapisan OSI. Jaringan WAN mampu bertukar paket data dan *frame* antara perangkat *router* dan *switch*. [20]

1.5. Topologi Jaringan

Topologi Jaringan merupakan sistem yang terdiri dari perangkat yang didesain agar bisa saling berkomunikasi, berbagi sumber daya, dan mampu mengakses informasi.[21]. Jaringan komputer juga memiliki banyak jenis topologi, namun ada 4 (empat) topologi yang umum digunakan adalah Bus (Linier), Cincin (Ring), Pohon (Tree) dan Bintang (Star).[22]. Akan tetapi penelitian ini hanya menggunakan Topologi Star, maka yang dijelaskan hanya topologi tersebut.

1.6. Media Pembelajaran Perangkat Jaringan

Perangkat jaringan adalah sebuah komponen yang digunakan untuk menghubungkan antara komputer dengan komputer atau antar perangkat elektronik, sehingga dapat saling berkomunikasi atau berbagi sumber daya. Perangkat jaringan biasanya digunakan dalam jangka

waktu yang sangat lama untuk menunjang kebutuhan informasi dan komunikasi, bahkan perangkat jaringan juga tidak pernah dimatikan ketika perangkat tidak digunakan, karena hal tersebut sebuah perangkat jaringan memerlukan pemeliharaan yang harus dilakukan secara berkala agar perangkat tidak bermasalah ketika sedang atau sangat dibutuhkan.[23]. Secara umum, perangkat keras yang diperlukan untuk membangun jaringan komputer yaitu: Komputer, *Network Internet Card* (NIC), *Switch*, dan segala sesuatu yang berhubungan dengan koneksi jaringan seperti: *Bridges*, *Router* dan lainnya yang diperlukan dalam proses transformasi data di dalam jaringan. [21].

1.6.1. Personal Computer (PC)

PC adalah sebuah perangkat utama dalam jaringan komputer. PC bekerja untuk mengirim dan mengakses data dalam jaringan. Kemampuan dari suatu PC sangat menentukan untuk kerja dari jaringan. Semakin tinggi kemampuan dari suatu PC tersebut, akses yang dilakukan pada jaringan akan semakin cepat. Secara defenisi, komputer ialah sekumpulan alat elektronik yang bekerja sama, dapat menerima data (input), mengelolah data (proses), dan memberikan informasi (output), serta kordinasi di bawa *control program* yang tersimpan di memori. [24].

1.6.2. Switch

Terdapat dua jenis *switch*, yaitu *Switch Unmanageable* yang berfungsi sebagai pendistribusi paket data antar komputer yang terhubung pada suatu jaringan yang sama, *switch* mampu mengenali topologi jaringan pada banyak *layer* yang membuat data lebih cepat terdistribusi dan langsung tiba ke tujuan. Jenis selanjutnya yaitu *Switch manageable*, *switch* jenis ini memiliki fungsi yang hampir sama dengan *switch unmanageable* namun terdapat fitur tambahan dan dapat dilakukan pengaturan konfigurasi pada pemakaiannya.[14].

1.6.3. Router

Router OS merupakan salah satu sistem operasi yang dapat digunakan pada perangkat router. Seperti Mikrotik Router dengan Mikrotik OS nya sebagai router jaringan yang handal, mencakup berbagai fitur lengkap untuk jaringan kabel dan nirkabel. Kelebihan lain dari Mikrotik Router juga murah, handal dalam melakukan kerjanya sebagai router.

1.6.4. Wireless and Router

Wireless router merupakan alat yang di dalamnya terdapat sebuah *port* yang berfungsi untuk menghubungkan kabel atau modem, sebuah *router*, sebuah *hub ethernet*, *firewall*, serta *wireless access point*. *Wireless router* memungkinkan pengguna untuk menggunakan sinyal radio atau kabel *ethernet* untuk menghubungkan komputer satu dengan yang lain, atau dengan kata lain mampu membuat suatu jaringan serta menghubungkan jaringan-jaringan tersebut dengan printer atau ke internet secara langsung. Jangkauan dari *wireless router* dapat mencapai hingga 30,5 Meter ke seluruh penjuru walaupun terhalang dengan tembok atau benda lainnya.[25].

1.7. IP Address

IP Address atau Alamat IP Merupakan komponen vital pada internet, karena tanpa *IP Address* seseorang tidak akan bisa terhubung ke internet. Pada setiap komputer yang terhubung ke internet, harus memiliki satu buah *IP Address* dan *IP Address* itu sendiri harus unik karena tidak boleh ada komputer atau perangkat jaringan lainnya yang menggunakan *IP Address* yang sama di internet.[4]

1.8. Subnetting

Subnetting merupakan bagian dari sistem pengalamatan *IP Address* versi 4 yang memiliki fungsi untuk memperkecil jumlah alamat *host id* dalam sebuah jaringan. Hasil yang didapatkan dari perhitungan *subnetting* yaitu *subnetmask*, *subnet*, jumlah *host* di tiap *subnet*, *broadcast*, *range IP*, *network id*, serta *range* dari setiap kelas *IP*. [20]

1.9. Routing

Routing adalah sebuah proses pencarian dan penentuan jalur dan *router* adalah sebuah alat yang digunakan dalam proses *routing* tersebut. Adapun jenis *routing* yaitu *routing statis* (*static routing*) dan *routing dinamis* (*dynamic routing*). *Routing* statis merupakan metode *routing* yang mengirimkan paket secara manual oleh administrator jaringan. Jika sebuah router mempunyai

satu *remote network*, maka administrator jaringan harus memasukkan satu *entry route* pada *network* tersebut. [25].

Dalam hal ini, administrator jaringan harus mengetahui *gateway* yang akan digunakan untuk mencapai tujuan[18], sedangkan *routing* dinamis dapat mengirimkan paket secara otomatis [16]. Oleh karena itu *routing* dinamis sering kali digunakan administrator jaringan untuk metode *routing* pada jaringan komputer. Sebuah *routing* dinamis dibuat dengan berdasarkan informasi *routing* yang dikumpulkan oleh *routing protocol* yang telah digunakan.

1.10. Mikrotik

Mikrotik merupakan sebuah perangkat jaringan komputer dengan beberapa fitur seperti *bandwidth management*, *stateful firewall*, *hotspot* untuk akses *Plug and Play*, *remote Winbox GUI management*, dan *routing*. Mikrotik *routerboard* dapat dikelola atau dikonfigurasi melalui aplikasi Windows (WinBox). Tampilan grafis aplikasi WinBox memungkinkan pengguna dengan mudah, efektif dan efisien mengakses *router* dan mengkonfigurasi *router* sesuai kebutuhan, meminimalisasi kesalahan saat mengatur konfigurasi, mudah dipahami, dan dapat disesuaikan sesuai kebutuhan.[5].

1.11. Winbox

Winbox merupakan *utility* yang di gunakan untuk mengelola dan melakukan konfigurasi Mikrotik menggunakan *MAC Address* atau Protokol IP, dengan winbox administrator jaringan dapat melakukan konfigurasi mikrotik *Router OS* dan *Router Board* menggunakan metode *Graphical User Interface* (GUI) dengan cepat dan mudah, Semua fungsi winbox didesain dan dibuat semirip mungkin dengan fungsi console. Winbox memiliki beberapa fungsi yaitu pengaturan router mikrotik dalam mode GUI, pengaturan *bandwith* atau membatasi kecepatan jaringan, memblokir situs, mengetahui dan mengatur alamat Ip dan akses ke situs tertentu.[26]

1.12. Sistem Monitoring Jaringan

Sistem Monitoring Jaringan adalah sebuah sistem yang memiliki fungsi untuk memantau aktivitas pada perangkat jaringan. Monitoring digunakan untuk mengetahui keadaan perangkat jaringan, seperti perangkat mana yang mati dan hidup. Sistem monitoring juga digunakan untuk memantau, mengawasi, dan mengontrol jalan atau tidaknya suatu perangkat jaringan. Pentingnya monitoring adalah untuk melakukan pemantauan secara rutin perangkat jaringan yang bermasalah dan berpotensi mengganggu jaringan internet. Dalam melakukan monitoring jaringan, dapat menggunakan perangkat lunak khusus untuk memonitoring jaringan.[27]. Torch, merupakan alat yang diberikan mikrotik untuk melihat lalu lintas data yang melewati *router*[18]. Speedtest, merupakan suatu layanan yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan dari jaringan internet. Hal ini memungkinkan pengguna untuk mengukur berbagai parameter[25]. Wireshark, adalah perangkat lunak yang sering digunakan untuk menganalisa paket data pada jaringan, yang disebut juga dengan nama *network packet analyzer* dengan fungsi menangkap setiap paket yang lalu-lalang didalam jaringan dan juga digunakan untuk menampilkan informasi paket data secara detail. Semua jenis paket informasi dalam berbagai format protokol akan ditangkap dan dianalisa. Dengan adanya aplikasi wireshark proses untuk menganalisis kinerja jaringan bisa dengan mudah di gunakan.[28].

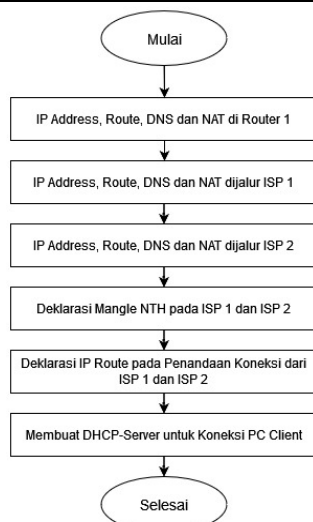
2. Metode Penelitian

2.1 Desain Flowchart Tahapan Konfigurasi

Adapun metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini akan dibuat *flow chart* dengan tujuan untuk memudahkan dan memperjelas langkah penelitian ini. Desain *flow chart* tahapan instalasi akan dibuat berdasarkan cara kerja instalasi *load balancing* yang digunakan dalam proses metode penelitian kali ini.

A. NTH

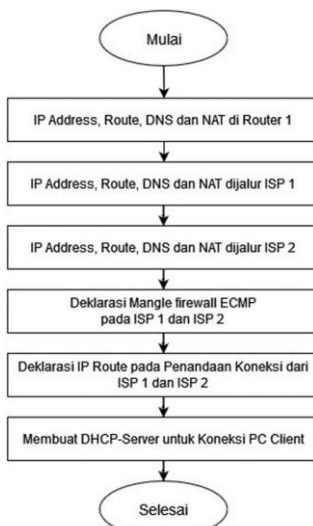
Pada Gambar 1 merupakan *flow chart* dari Langkah instalasi yang akan digunakan pada pengujian dengan metode NTH.



Gambar 1. Flowchart alur instalasi NTH

Pada Gambar 1 tersebut, flowchart atau alur dari instalasi NTH sebagai berikut: Instalasi dilakukan secara manual pada Mikrotik, yang dimulai dengan melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* pada *Router*. Selanjutnya melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* untuk jalur *ISP 1* dan *ISP 2*. Setelah melakukan koneksi pada *router* dan juga seluruh *ISP* agar semuanya dapat terhubung, selanjutnya adalah membuat *Mangle NTH* pada *ISP 1* dan *ISP 2*. Langkah selanjutnya adalah membuat *IP Route* sebagai penandaan koneksi dari *ISP 1* dan *ISP 2*. Setelah semuanya selesai, yang terakhir adalah membuat *DHCP-Server* untuk koneksi ke *PC* pengguna dan juga pada *Wi-Fi*.

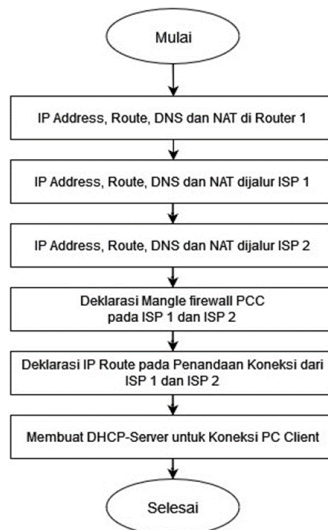
B. ECMP



Gambar 2. Flowchart alur instalasi ECMP

Merujuk pada gambar Gambar 2 flowchart atau alur dari instalasi ECMP sebagai berikut: Instalasi dilakukan secara manual pada Mikrotik, yang dimulai dengan melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* pada *Router*. Selanjutnya adalah melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* untuk jalur *ISP 1* dan *ISP 2*. Setelah melakukan koneksi pada *router* dan juga seluruh *ISP* agar semuanya dapat terhubung, setelah itu adalah membuat *Mangle firewall* pada *ISP 1* dan *ISP 2*. Selanjutnya adalah membuat *IP Route* sebagai penandaan koneksi dari *ISP 1* dan *ISP 2*. Yang terakhir adalah membuat *DHCP-Server* untuk koneksi ke *PC* Client dan juga pada *Wi-Fi*.

C. PCC



Gambar 3. Flowchart alur instalasi PCC

Pada gambar Gambar 3 flowchart atau alur dari instalasi PCC sebagai berikut: Instalasi dilakukan secara manual pada Mikrotik, yang dimulai dengan melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* pada *Router*. Selanjutnya adalah melakukan pengaturan *IP Address*, *Route*, *DNS* dan *NAT* untuk jalur *ISP 1* dan *ISP 2*. Setelah melakukan koneksi pada *router* dan juga seluruh *ISP* agar semuanya dapat terhubung, selanjutnya adalah membuat *Mangle firewall* pada *ISP 1* dan *ISP 2*. Langkah selanjutnya adalah membuat *IP Route* sebagai penandaan koneksi dari *ISP 1* dan *ISP 2*. Setelah semuanya selesai, yang terakhir adalah membuat *DHCP-Server* untuk koneksi ke *PC* pengguna dan juga pada *Wi-Fi*.

2.2 Skenario Pengujian

Setelah dilakukan tahap implementasi maka tahapan selanjutnya adalah tahap untuk pengujian. Tahap pengujian dilakukan dengan menggunakan alat monitoring yang sudah disediakan oleh winbox untuk melihat lalu lintas jalur internet pada tiap *interface* dan juga menggunakan alat tambahan yaitu wireshark untuk menampilkan lalu lintas paket data secara detail. Dari beberapa alat tersebut akan mengukur beberapa parameter QoS yaitu *Jitter*, *Packet Loss*, *Throughput*, dan *Delay*. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung parameter QoS.

2.2.1 Jitter

Jitter didefinisikan sebagai variasi dari *delay*, yang diakibatkan oleh panjang antrian dalam suatu pengolahan data dan *reassemble* paket data di akhir pengiriman akibat kegagalan sebelumnya.[15] Untuk menghitung *jitter* digunakan persamaan berikut:

$$Jitter = \frac{Total\ Variasi\ Delay}{Total\ Paket\ yang\ Diterima} - 1$$

$$Total\ Variasi\ Delay = (delay\ 2 - delay\ 1 + \dots + (delay\ n - delay\ (n - 1))) \quad [15]$$

2.2.2 Packet Loss

Packet Loss ialah parameter yang menggambarkan kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, hal ini dapat terjadi karena beberapa kemungkinan antara lain terjadinya *overload* didalam suatu jaringan, *error* yang terjadi pada media fisik, serta kegagalan yang terjadi pada sisi penerima antara lain bisa disebabkan karena *router buffer over flow* atau kemacetan. [2] *Packet loss* dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$Packet\ Loss = \frac{(Paket\ data\ dikirim - Paket\ data\ diterima)}{Pakey\ data\ yang\ dikirim} \times 100\% [2]$$

2.2.3 Throughput

Throughput merupakan nilai *bandwidth* yang sebenarnya, yang diukur dengan satuan waktu tertentu yang digunakan untuk melakukan transfer data dengan ukuran tertentu. [5] *Throughput* data dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Paket data yang diterima}}{\text{Lama Pengamatan}} [5]$$

2.2.4 Delay

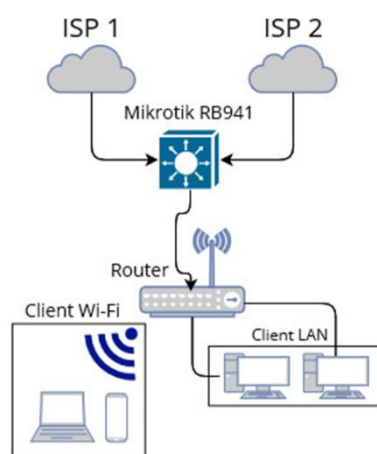
Delay ialah jumlah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal hingga ke tujuan. *Delay* dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama. [7] Untuk menghitung rata-rata delay digunakan persamaan berikut.

$$\text{Delay rata - rata} = \frac{\text{Total Delay}}{\text{Total paket yang diterima}} [7]$$

Dari beberapa data parameter QoS tersebut, akan dilakukan perbandingan performa pada metode PCC, NTH, dan ECMP. Perbandingan tersebut dilakukan guna mengetahui metode apa yang paling cocok untuk diimplementasikan pada jaringan kantor.

2.3 Topologi Jaringan

Agar memudahkan dalam pengerjaan dan perancangan sistem nantinya, *load balancing* akan dirancang dengan menggunakan topologi jaringan sebagai berikut:



Gambar 4. Topologi Jaringan Load Balancing

Topologi Jaringan sederhana pada Gambar 4 di atas adalah topologi jaringan yang di gunakan pada penelitian ini. Berikut adalah tabel pengalamatan *IP Address* pada jaringan tersebut.

Tabel 2. Tabel Pengalamatan IP

Device	IP Address
ISP 1	192.168.1.1
ISP 2	192.168.43.1
Client Wi-Fi	192.168.100.0/24
Client LAN	192.168.200.0/24
Mikrotik RB942 to Router	192.168.10.1

2.4 Spesifikasi Perangkat

Setelah mengetahui metode *load balancing* yang akan diimplementasikan, fase selanjutnya yaitu menganalisa dan menentukan perangkat lunak dan perangkat keras apa saja yang dibutuhkan dalam membangun sistem NTH *load balancing*. Berikut ini pada table 2.2 akan

dijelaskan spesifikasi perangkat lunak dan pada Tabel 3 akan dijelaskan pula spesifikasi perangkat keras yang dibutuhkan dalam implementasi NTH *load balancing*.

Tabel 3. Spesifikasi perangkat lunak

No	Software	Keterangan
1	Mikrotik RouterOS ver. 4.11	Sistem operasi untuk mikrotik
2	Microsoft Windows 7 32-bit	Sistem operasi untuk Admin
3	Mikrotik Winbox v3.38	Software GUI untuk mikrotik
4	Wireshark	Version 4.0.10

Tabel 4. Spesifikasi Hardware

No	Perangkat	Jumlah	Spesifikasi Unit
1	Mikrotik hAP lite RB941	1	CPU: QCA9531-BL3A-R 650MHz Memory: 32 MB Data storage: 16 MB Ethernet: 4 ports Dimension: 113x89x28mm
2	PC Server	1	
3	PC Client	± 9	
4	Wireless N Router TP-MR3420	1	Menggunakan ISP MNC paket 10Mbps
5	Modem Router ZTE F670L	1	Menggunakan ISP Indihome paket JITU 1P-Internet 30Mbps

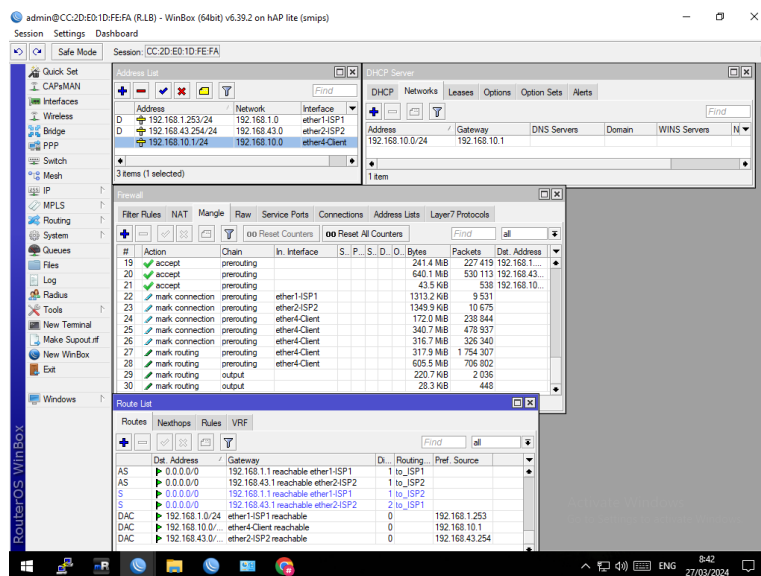
3 Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Konfigurasi Mikrotik

Pada proses ini akan disampaikan tentang proses *load balancing*, yang sebelumnya telah dilakukan perancangan, kemudian semua perancangan yang sudah dibuat diterapkan agar dapat menentukan *load balancing* terbaik.

3.1.1 Konfigurasi PCC

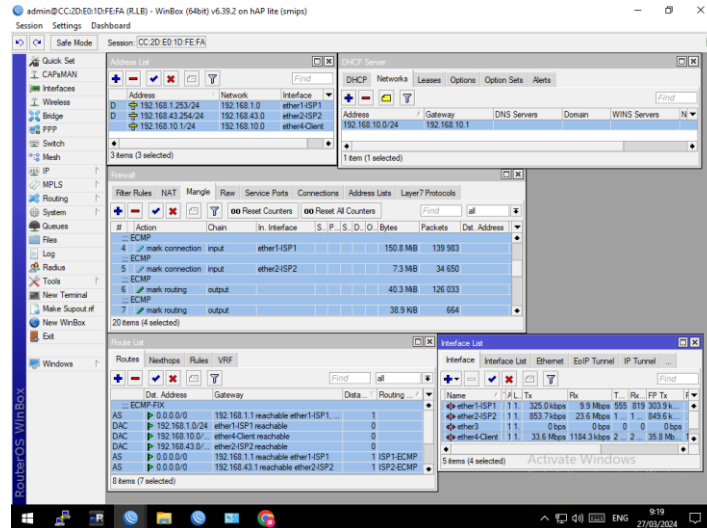
Pada metode PCC, dilakukan konfigurasi *firewall mangle* yang digunakan untuk mengatur paket yang melewati *router*, dimana pada PCC dilakukan pengaturan berdasarkan *both address and ports*, seperti pada Gambar 5 yang merupakan pengaturan PCC pada masing-masing sumber internet *ether 1* dan *ether 2*.



Gambar 5. Konfigurasi PCC

3.1.2 Konfigurasi ECMP

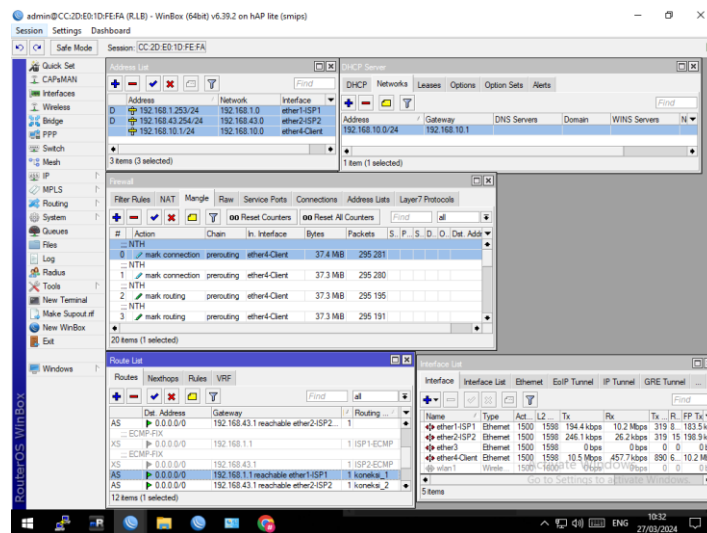
Pada metode ECMP, dilakukan konfigurasi *routes* untuk mengatur jalur *routing*, dimana pada metode ECMP hanya dilakukan pengaturan jalur pada masing-masing sumber internet seperti pada Gambar berikut. Konfigurasi ECMP tidak spesifik konfigurasi pada metode PCC dan Nth.



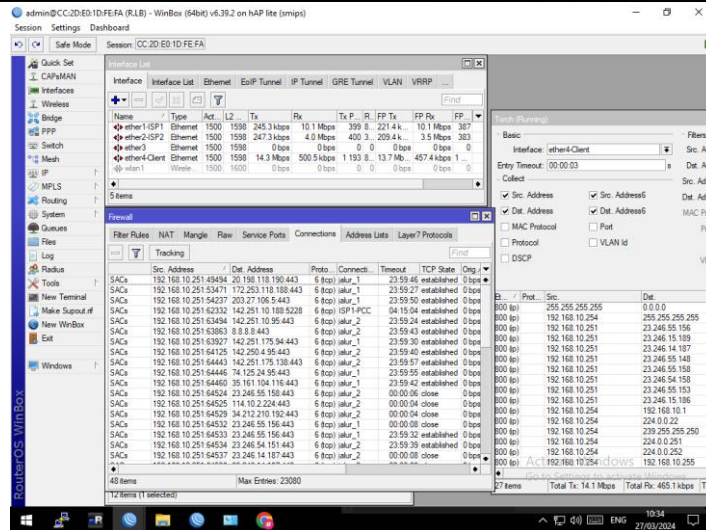
Gambar 6. Konfigurasi ECMP

3.1.3 Konfigurasi NTH

Pada metode NTH, terdapat konfigurasi *firewall mangle* untuk mengatur paket yang melewati *router*, dimana metode NTH dilakukan pengaturan berdasarkan *Every dan Packet* pada menu *Extra*, seperti pada Gambar berikut yang merupakan pengaturan NTH pada masing-masing sumber internet ether 1 dan ether 2.



Gambar 7. Konfigurasi NTH



Gambar 8. Konfigurasi NTH

3.2 Pengujian Download dan Upload Load Balancing

3.2.1 Pengujian Download

Tabel 5. Pengujian download menggunakan 3 metode berbeda

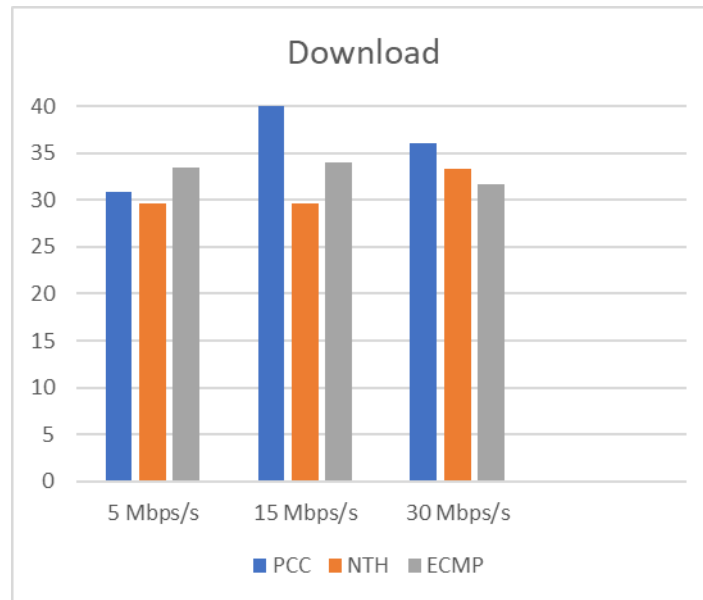
Ukuran data	PCC		NTH		ECMP	
	Jalur 1	Jalur 2	Jalur 1	Jalur 2	Jalur 1	Jalur 2
5 Mb	10.0	20.9	2.5	27.2	7.5	26.0
	mbps	mbps	mbps	Mbps	mbps	Mbps
15 Mb	10.0	30.0	6.4	23.3	6.6	27.4
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps
30 Mb	9.1	27.0	9.3	24.0	4.7	27.0
	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps	Mbps

Tabel 5 Menampilkan aktifitas download pada setiap metode *load balancing*. Pada Metode PCC ether1 pengujian paket sebesar 5 mb mendapatkan rata-rata 10.0 Mbps, ether2 mendapatkan rata-rata 20.9 Mbps sehingga pada kemudian di pengujian kedua dengan download ukuran paket sebesar 15 Mb Jalur 1 pada ether 1 mendapatkan rata-rata 10.0 Mbps sedangkan ether 2 pada jalur 2 mendapatkan rata-rata 30.0 Mbps. Berikutnya pada pengujian ke tiga dengan download ukuran paket sebesar 30Mbps pada jalur 1 ether 1 mendapatkan hasil rata-rata 9.1 Mbps dan jalur 2 ether 2 mendapatkan rata-rata 27.0 Mbps. Hasil tersebut dilakukan bersamaan menggunakan 9 PC dari kantor POS. Dari pengamatan aktifitas download pada metode load balance PCC dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 merata, karena kedua jalur dapat digunakan secara bersamaan ketika melakukan aktifitas.

Pada Metode NTH, percobaan pertama untuk melakukan download pada paket sebesar 5 Mb yang dilakukan bersamaan menggunakan 9 pc dari kantor POS jalur 1 mendapatkan rata-rata 2,5 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 27.2 Mbps. Percobaan kedua untuk melakukan download pada paket sebesar 15 Mb Jalur 1 mendapatkan rata-rata 6,4 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 23.3 Mbps. Dengan percobaan ketiga untuk melakukan download pada paket sebesar 30 Mb Jalur 1 mendapatkan rata-rata 9,3 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 24.0 Mbps. Dari pengamatan aktifitas download pada metode load balance NTH dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 merata, karena kedua jalur dapat digunakan secara bersamaan ketika melakukan aktifitas.

Pada Metode ECMP Percobaan pertama untuk melakukan download pada paket sebesar 5 Mb yang dilakukan bersamaan menggunakan 9 pc dari kantor POS jalur 1 mendapatkan rata-rata 7,5 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 26,0 Mbps. Percobaan kedua untuk melakukan

download pada paket sebesar 15 Mb Jalur 1 mendapatkan rata-rata 6,6 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 27.4 Mbps. Dengan percobaan ketiga untuk melakukan download pada paket sebesar 30 Mb Jalur 1 mendapatkan rata-rata 4,7 Mbps, jalur 2 mendapatkan rata-rata 27.0 Mbps. Dari pengamatan aktifitas download pada metode load balance ECMP dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 tidak merata, karena hanya menggunakan salah satu jalur ketika melakukan aktifitas.



Gambar 9. Hasil Pengujian Download

3.2.2 Pengujian Upload

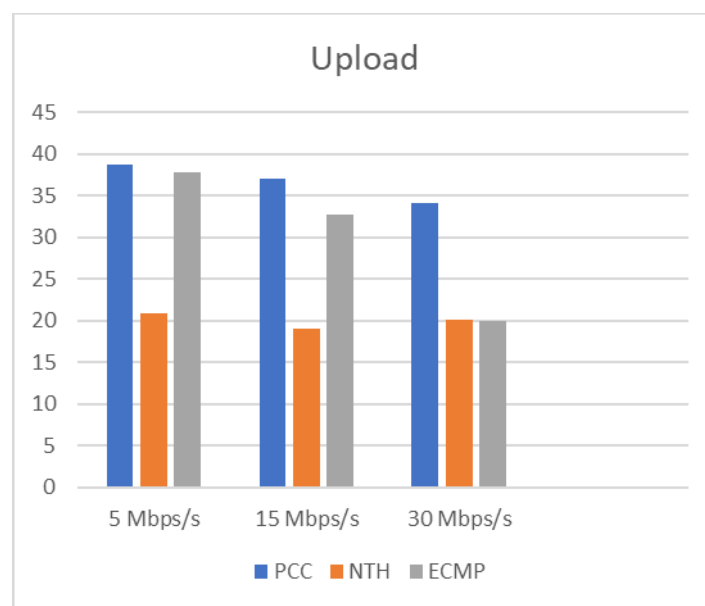
Tabel 6. Pengujian upload dengan menggunakan 3 metode yang berbeda

Ukuran data	PCC		NTH		ECMP	
	Jalur 1	Jalur 2	Jalur 1	Jalur 2	Jalur 1	Jalur 2
5 Mb	9.4 Mbps	22.4 Mbps	10.0 Mbps	10.9 Mbps	9.7 Mbps	30.1 Mbps
15 Mb	9.1 Mbps	27.9 Mbps	8.2 Mbps	10.9 Mbps	3.1 Mbps	29.7 Mbps
30 Mb	9.8 Mbps	24.3 Mbps	8.4 Mbps	11.7 Mbps	9.8 Mbps	10.1 Mbps

Tabel 6 Menampilkan aktifitas Upload pada setiap metode load balancing. Pada Metode PCC ether1 pengujian paket sebesar 5 Mb mendapatkan rata-rata 9.4 Mbps, ether2 mendapatkan rata-rata 22.4 Mbps sehingga pada kemudian di pengujian kedua dengan download ukuran paket sebesar 15 Mbps Jalur 1 pada ether 1 mendapatkan rata-rata 9.1 Mbps sedangkan ether 2 pada jalur 2 mendapatkan rata-rata 27.9 Mbps. Berikutnya pada pengujian ketiga dengan download ukuran paket sebesar 30Mb pada jalur 1 ether 1 mendapatkan hasil rata-rata 9.8 Mbps dan jalur 2 ether 2 mendapatkan rata-rata 24.3 Mbps. Hasil tersebut dilakukan bersamaan menggunakan 9 PC dari kantor POS. Dari pengamatan aktifitas download pada metode load balance PCC dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 merata, karena kedua jalur dapat digunakan secara bersamaan ketika melakukan aktifitas.

Pada Metode NTH Percobaan pertama untuk melakukan download pada paket sebesar 5 Mb yang dilakukan bersamaan menggunakan 9 pc dari kantor POS jalur 1 mendapatkan 10,0 Mbps, jalur 2 mendapatkan 10.9 Mbps. Percobaan kedua untuk melakukan download pada paket sebesar 15 Mb Jalur 1 mendapatkan 8.2 Mbps, jalur 2 mendapatkan 10.9 Mbps. Dengan percobaan ketiga untuk melakukan download pada paket sebesar 30 Mb Jalur 1 mendapatkan 8.4 Mbps, jalur 2 mendapatkan 11.7 Mbps. Dari pengamatan aktifitas download pada metode *load balance* NTH dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 merata, karena kedua jalur dapat digunakan secara bersamaan ketika melakukan aktifitas.

Pada Metode ECMP Percobaan pertama untuk melakukan download pada paket sebesar 5 Mb yang dilakukan bersamaan menggunakan 9 pc dari kantor POS jalur 1 mendapatkan 9.7 Mbps, jalur 2 mendapatkan 30.1 Mbps. Percobaan kedua untuk melakukan download pada paket sebesar 15 Mb Jalur 1 mendapatkan 3.1 Mbps, jalur 2 mendapatkan 29.7 Mbps. Dengan percobaan ketiga untuk melakukan download pada paket sebesar 30 Mb Jalur 1 mendapatkan 9.8 Mbps, jalur 2 mendapatkan 2 10.1 Mbps. Dari pengamatan aktifitas download pada metode *load balance* ECMP dapat dikatakan bahwa pembagian traffic aktifitas download pada ISP1 dan ISP2 tidak merata, karena hanya menggunakan salah satu jalur ketika melakukan aktifitas.



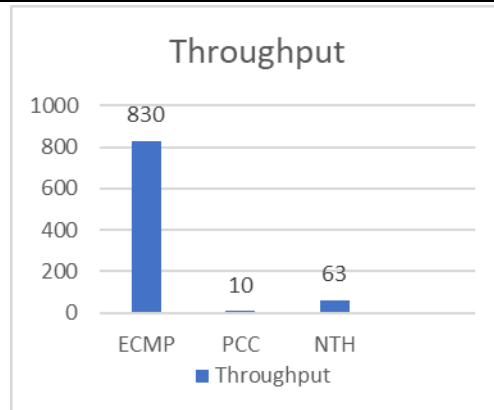
Gambar 10. Hasil Pengujian Upload

3.3 Pengujian Quality of Service

Pada pengujian *Quality of Service* menggunakan beberapa parameter pengujian yang meliputi *delay*, *throughput*, *packet loss*, dan *jitter*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan *Wireshark* sebagai aplikasi analisis jaringan.

3.3.1 Throughput

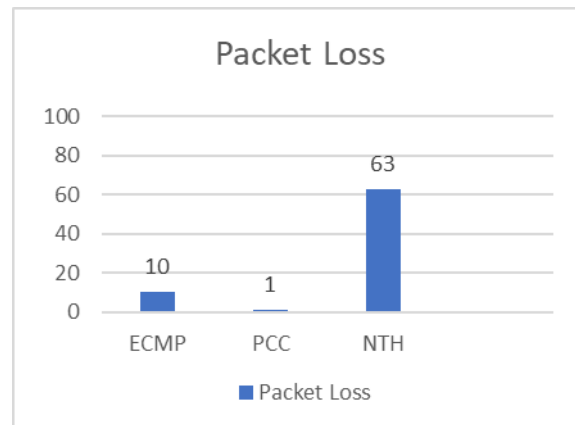
Berikut merupakan hasil *throughput* dengan menggunakan 1 kali pengujian untuk melakukan streaming youtube dengan menunjukkan bahwa ecmp menghasilkan *throughput* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan NTH.



Gambar 11. Pengujian throughput (Kbits/s)

3.3.2 Packet Loss

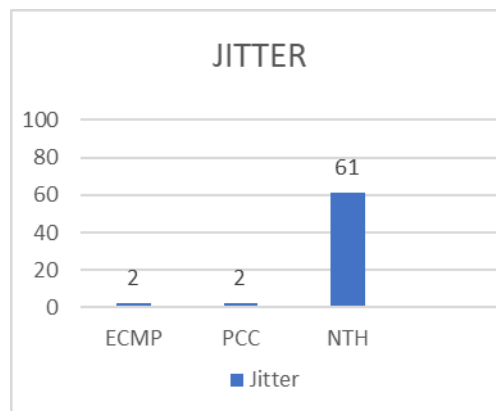
Berikut merupakan hasil *Packet Loss* dengan menggunakan 1 kali pengujian untuk melakukan streaming youtube dengan menunjukkan bahwa NTH menghasilkan *Packet Loss* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan ECMP.



Gambar 12. Pengujian Parameter Packet Loss(%)

3.3.3 Jitter

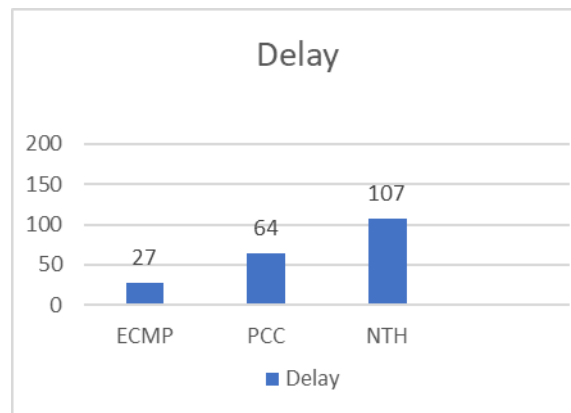
Berikut merupakan hasil *Jitter* dengan menggunakan 1 kali pengujian untuk melakukan streaming youtube dengan menunjukkan bahwa NTH menghasilkan *Jitter* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan ECMP.



Gambar 13. Pengujian Parameter Jitter (ms)

3.3.4 Delay

Berikut merupakan hasil *Delay* dengan menggunakan 1 kali pengujian untuk melakukan *streaming youtube* dengan menunjukkan bahwa NTH menghasilkan *Delay* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan ECMP.



Gambar 14. Pengujian Parameter Delay(ms)

4. Kesimpulan

Selepas selesai melaksanakan beberapa tahapan seperti merancang, implementasi, dan pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Dari pengujian *load balancing* menggunakan 3 metode, dapat disimpulkan metode PCC yang sangat efektif digunakan untuk melakukan download file dengan hasil terbaik mencapai maksimal hingga 40 Mbps/s.
2. Dari pengujian *load balancing* menggunakan 3 metode dapat disimpulkan bahwa metode PCC yang sangat efektif digunakan untuk melakukan upload file dengan hasil terbaik mencapai 37,8 Mbps/s.
3. Dari hasil pengujian *Throughput*, mendapatkan hasil bahwa Metode ECMP menghasilkan *throughput* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan NTH.
4. Berdasarkan pengujian *Packet Loss* menunjukkan bahwa PCC menghasilkan *Packet Loss* paling rendah dibandingkan dengan metode NTH dan ECMP dengan hasil 1ms.
5. Dari hasil pengujian *Jitter* mendapat hasil bahwa NTH menghasilkan *Jitter* tertinggi dibandingkan dengan metode PCC dan ECMP dengan hasil 61ms.
6. Berdasarkan pengujian *Delay* menunjukkan bahwa ECMP menghasilkan *Delay* terendah dibandingkan dengan metode PCC dan NTH. Dengan hasil 61ms.

Referensi

- [1] H. Isyanto and A. Nandiwardhana, "Perancangan DC Cooler Berbasis Internet of Things," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 2, no. 2, p. 95, 2019, doi: 10.24853/resistor.2.2.95-104.
- [2] F. Sayah, "Implementasi Load Balancing Dengan Metode Nth Pada CV. Pex's Cargo & City Courier Service.," *Pros. TAU SNAR-TEK Semin. ...*, no. November, p. 21, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.tau.ac.id/index.php/snartek/article/view/102>
- [3] M. R. Suwito and L. Lukman, "Analisis Dan Perancangan Load Balancing Dengan Metode Nth Menggunakan Mikrotik Studi Kasus Smk Bina Harapan Sleman," *Respati*, vol. 17, no. 1, p. 17, 2022, doi: 10.35842/jtir.v17i1.437.
- [4] A. Mustofa and D. Ramayanti, "Implementasi Load Balancing Dan Failover To Device Mikrotik Router Menggunakan Metode Nth Impelentation Load Balancing and Failover To Device Router Microtic Using Nth Method (Case Studi : Pt . Go-Jek Indonesia)," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 1, pp. 139–144, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202071638.
- [5] K. T. Nugroho, B. Julianto, D. R. Tisna, and D. F. Nur M S, "Quality Analysis of Service Load Balancing Using PCC, ECMP, and NTH Methods," *J. Nas. Pendidik. Tek. Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 33–41, 2023, doi: 10.23887/janapati.v12i1.55894.
- [6] Vanny Andini, Lipur Sugiyanta, and Bachren Zaini, "Analisis Kinerja Parameter Throughput Dan Delay Akses Inetrnet Di Smk Karyaguna Jakarta Selatan," *PINTER J. Pendidik. Tek.*

- Inform. dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 41–44, 2020, doi: 10.21009/pinter.4.2.8.
- [7] 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.
- [8] M. Syarif and M. Badrul, “Implementasi Simple Queue Dan Filter Website Untuk Optimasi Management Bandwidth Pada Apartemen Mediterania,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 10, no. 2, pp. 92–102, 2023, doi: 10.30656/prosisko.v10i2.6563.
- [9] D. F. Sari, D. Kurniawati, and F. Muriyanto, “Optimasi Server Menggunakan Load Balancing Microservice Docker Pada Bot Telegram,” *J. Innov. ...*, vol. 1, no. 7, 2021, [Online]. Available: <https://www.bajangjournal.com/index.php/JIRK/article/view/805%0Ahttps://www.bajangjournal.com/index.php/JIRK/article/download/805/562>
- [10] A. T. Novian, A. K. Hidayah, Y. Apridiansyah, and D. Sunardi, “Implementation Of Augmented Reality As A Media To Improve DSLR Camera Knowledge Implementasi Augmented Reality Sebagai Media Untuk Meningkatkan Pengetahuan Kamera DSLR,” *J. Kom. J. Komputer, Inf. dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 347–356, 2023.
- [11] S. Hadi, B. Ardi Pramono, and Surono, “Analisa Komparasi Metode Pembagian Trafik Jaringan (Load Balancing) Antara Metode Pcc Dan Metode Ecmp Studi Kasus Pada Jaringan Usm,” *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 11, no. 1, pp. 946–956, 2022.
- [12] H. Z. Ibrahim, T. M. Al-Shami, and A. Mhemdi, “Applications of n thPower Root Fuzzy Sets in Multicriteria Decision Making,” *J. Math.*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/1487724.
- [13] A. N. Hafizh and W. Sulisty, “Optimalisasi Dua Layanan Jaringan Internet Menggunakan Teknik Load Balancing dengan Metode Peer Connection Classifier (PCC) (Studi Kasus: Jaringan Internet Desa Banyuanyar Boyolali),” *J. JTIK (Jurnal Teknol. Inf. dan Komunikasi)*, vol. 8, no. 1, pp. 10–21, 2024, doi: 10.35870/jtik.v8i1.1257.
- [14] D. A. Shafiq, N. Z. Jhanjhi, and A. Abdullah, “Load balancing techniques in cloud computing environment: A review,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 34, no. 7, pp. 3910–3933, 2022, doi: 10.1016/j.jksuci.2021.02.007.
- [15] C. Rizal, S. Supiyandi, M. Zen, and M. Eka, “Perancangan Server Kantor Desa Tomuan Holbung Berbasis Client Server,” *Bull. Inf. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–33, 2022, doi: 10.47065/bit.v3i1.255.
- [16] A. E. Tangkowitz, V. R. Palilingan, and O. E. S. Liando, “Analisis Dan Perancangan Jaringan Komputer Di Sekolah Menengah Pertama,” *Eduetik J. Pendidik. Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 1, no. 1, pp. 69–82, 2021, doi: 10.53682/edutik.v1i1.1044.
- [17] S. K. Mishra, B. Sahoo, and P. P. Parida, “Load balancing in cloud computing: A big picture,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 32, no. 2, pp. 149–158, 2020, doi: 10.1016/j.jksuci.2018.01.003.
- [18] M. M. Shahriar Maswood, M. R. Rahman, A. G. Alharbi, and D. Medhi, “A Novel Strategy to Achieve Bandwidth Cost Reduction and Load Balancing in a Cooperative Three-Layer Fog-Cloud Computing Environment,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 113737–113750, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3003263.
- [19] T. Lähderanta *et al.*, “Edge computing server placement with capacitated location allocation,” *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 153, pp. 130–149, 2021, doi: 10.1016/j.jpdc.2021.03.007.
- [20] J. Warta, “Implementasi Metode Queue Tree Untuk Manajemen Bandwidth Berbasis Hotspot (Studi Kasus: Onesnet Bekasi),” *J. Sist. Inf. Univ. Suryadarma*, vol. 9, no. 1, 2014, doi: 10.35968/jsi.v9i1.851.
- [21] S. A. Panu and Musdalifa, “304760997,” *J. Publ. Pendidik.*, vol. 9, no. 1, pp. 28–41, 2019.
- [22] M. M. Ir. Peniarsih, “Sistem Jaringan Internet Data Untuk Pendistribusian Vlan Ir. Peniarsih, M.MSi,” *Journal.Universitassuryadarma Ac.Id*, pp. 92–108, 2020, [Online]. Available: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jmm/article/viewFile/547/513>
- [23] T. Informatika, “Implementasi Load Balancing Menggunakan Metode NTH Pada PT . Zyrexindo Mandiri Buana Untuk Optimalisasi Jaringan,” vol. 8, no. 3, pp. 2562–2567, 2024.
- [24] D. Kusumawati, D. M. Irsan, and S. P. Pangeran, “Merancang Jaringan Pc Cloning Menggunakan Software Winconnet,” *J. Elektron. Sist. Inf. dan Komput.*, pp. 1–12, 2018, [Online]. Available: <https://jesik.web.id/index.php/jesik/article/view/82>
- [25] A. Azahro, D. Wulandari, and U. Sari, “Network Address Translation Penghubung IP Public,” no. 1, 2019.
- [26] I. Putu, A. E. Pratama, P. Adhika Dharmesta, and T. Informasi, “Implementasi Wireshark Dalam Melakukan Pemantauan Protocol Jaringan (Studi Kasus : Intranet Jurusan Teknologi

-
- Informasi Universitas Udayana),” *J. Mantik Penusa*, vol. 3, no. 1, p. 94, 2019.
- [27] F. Fajriah, H. Antoni Musril, R. Okra, and S. Derta, “Perancangan Antena Wajan Bolic Untuk Penguat Sinyal Internet Di Sdn 23 Limo Koto,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 7, no. 2, pp. 1162–1168, 2023, doi: 10.36040/jati.v7i2.6936.
- [28] S. N. Rakhmah, I. M. Kuncoro, and H. Harafani, “o M. NayMichelle S. Segovia 1 , Marco A. Palma 1 , and Rodolfga 2,” *J. Infokar*, vol. 1, no. 1, pp. 15–22, 2019.